

DANUTA HILSE<sup>1</sup>, JAN KAPAŁA<sup>2</sup>, NAMEJS ZELTINSH<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Biuro Handlowo-Usługowe Hilkap w Zabrze

<sup>2</sup>Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska  
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

<sup>3</sup>Instytut Energii Fizycznej  
Łotewska Akademia Nauk w Rydze

## QUASI-KATALITYCZNA REDUKCJA ZANIECZYSZCZEŃ W SPALINACH ODLOTOWYCH Z KOTŁÓW Z RUSZTEM STAŁYM

**Streszczenie.** Spalanie węgla w piecach z rusztem stałym jest źródłem emisji dużej ilości szkodliwych zanieczyszczeń powietrza (substancje smołowe, benzo(a)piren, sadza, pył itd.). Można ją zmniejszyć, dodając do węgla quasi-katalizator (np. Palsad), w sposób bezpośredni, pośredni lub w brykietach węglowych. Skuteczność redukcji powstających zanieczyszczeń, przy odpowiednich dawkach i sposobach dozowania quasi-katalizatora, może przekroczyć 90%. Do oceny efektywności proponowanej technologii może być wykorzystana metoda wizualnej oceny stopnia dymienia (zaczernienia) spalin odlotowych.

**Słowa kluczowe:** spalanie węgla, emisja zanieczyszczeń, redukcja emisji, quasi-katalizator, metoda wizualnej oceny

### Wstęp

Spalanie węgla w paleniskach z rusztem stałym (piece węglowe kuchenne i kaflowe, kotły energetyczne małej mocy do centralnego ogrzewania domów mieszkalnych jednorodzinnych i wielorodzinnych, a także budynków użyteczności publicznej) z reguły nie przebiega w sposób całkowity i zupełny. W wyniku tego spaliny odlotowe zawierają duże ilości tlenu węgla oraz pyłu, w którego skład wchodzi m.in. koksik, sadza oraz substancje smołowe. Ocenia się, że udział sadzy w emitowanym pyłu wynosi 30%, substancji smołowych 17%, a popiołu i koksiku 53% (KAPAŁA 1989). Należy przy tym podkreślić, że cząstki niespalonego węgla (koksiku) oraz substancje smołowe są głównymi nośnikami wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (w tym benzo(a)pirenu), a także dioksyn, furanów, tiofenów itp.

Obecność koksiku, sadzy oraz substancji smołowych w spalinach, a także niespalonego węgla w żużlu, zmniejsza również sprawność cieplną kotła w wyniku zarastania powierzchni rusztów, powierzchni wymiany ciepła oraz kanałów spalinowych złogami żużla i sadzy.

Wymienionych wyżej niedogodności można uniknąć przez dodanie do węgla odpowiednich substancji poprawiających spalanie. Są one nazywane katalizatorami, chociaż w rzeczywistości są quasi-katalizatorami, gdyż ulegają rozkładowi w procesie spalania.

W literaturze naukowo-technicznej znajduje się wiele opisów patentowych przedstawiających kompozycje dodatków do paliw, których zadaniem jest zwiększenie sprawności cieplnej kotłów oraz poprawa efektywności spalania, powiązana ze znacznym ograniczeniem emisji tlenu węgla, sadzy, substancji smołowych i benzo(a)pirenu (POLECHOŃSKI 2005).

Celem pracy jest ocena skuteczności ograniczenia emisji zanieczyszczeń powietrza z procesu spalania węgla w kotłach z rusztem stałym po dodaniu odpowiedniego dopalacza (quasi-katalizatora).

## Materiały i metody

Do badań skuteczności redukcji zanieczyszczeń w spalinach odlotowych z kotłów z rusztem stałym użyto quasi-katalizatora Palsad (OPIS PATENTOWY NR 165406... 1994), zwanego też zielonym proszkiem. Stanowi on kompozycję dodatków do paliwa, w której skład wchodzi (OPIS PATENTOWY nr 165406... 1994):

- uwodniony siarczan miedzi – od 37 do 40% wag.,
- chlorek sodu – od 52 do 55% wag.,
- chlorek amonu – 3% wag.,
- wodorotlenek wapnia – 5% wag.

Palsad służy do całkowitego dopalenia sadzy, substancji smołowych oraz koksiku w każdym miejscu kotła, tzn. w palenisku, komorze spalania i przewodach kominowych.

Działanie Palsadu polega na utlenieniu części palnych zawartych w osadach i penetracji oparów chlorku przez szczeliny między cząsteczkami osadu. Powoduje to kruszenie się osadu, a w efekcie odrywanie się od powierzchni metalowej. Zakres temperatur, w których Palsad wykazuje skuteczne działanie, wynosi od 300 do 1000°C. Poniżej tego zakresu dopalacz jest mało efektywny, a powyżej zużywa się gwałtownie. Chlorek amonu w temperaturze powyżej 330°C sublimuje i ulega dysocjacji na amoniak i chlorowódor. Zawartość tej substancji w dopalaczu Palsad jest mała, gdyż powstający chlorowódor może powodować korozję części metalowych.

Dotychczasowe doświadczenia praktyczne wykazują, że Palsad (OFERTA... 2000):

- zwiększa sprawność cieplną kotła oraz zmniejsza zużycie węgla o 10 do 20%,
- ogranicza emisję sadzy, substancji smołowych, benzo(a)pirenu oraz tlenu węgla,
- eliminuje zapalanie się sadzy w przewodach kominowych,
- eliminuje potrzebę mechanicznego czyszczenia kotłów z sadzy,
- zmniejsza szybkość korozji stalowych elementów rusztu kotła oraz instalacji odprowadzających spaliny.

Do oceny skuteczności działania quasi-katalizatora Palsad jako substancji ograniczającej emisję zanieczyszczeń powietrza z procesu spalania węgla w kotłach z rusztem stałym niezbędne jest zastosowanie odpowiedniej metody badawczej. W przypadku kotłów i pieców węglowych przydatna może być metoda wizualnej oceny emisji zanieczyszczeń ze źródeł niezorganizowanych. Została ona wprowadzona w Wielkiej Brytanii, gdzie początkowo wykorzystywano ją do oceny emisji zanieczyszczeń powietrza z pieców domowych opalanych węglem. Do tego celu służyła skala Ringelmana (JUDA i BUDZIŃSKI 1959). W następnym etapie badana metoda znalazła zastosowanie także w ocenie emisji niezorganizowanej ze źródeł przemysłowych. W warunkach polskich dotyczy to w szczególności przemysłu koksowniczego (BEREZOWSKI i OLCZAK 1983, KAPAŁA 2003).

Wykorzystując doświadczenia uzyskane w przemyśle krajowym, autorzy opracowali metodę wizualnej oceny emisji zanieczyszczeń z kotłów węglowych z rusztem stałym stosujących quasi-katalizatory (np. Palsad) w procesie spalania węgla kamiennego. Wzorem koksownictwa zastosowano oceny stopnia dymienia (emisji zanieczyszczeń) w skali od 1 do 5, przypisując im równocześnie prawdopodobną redukcję wydzielanych zanieczyszczeń po dodaniu quasi-katalizatora. Zaproponowane kryteria podano w tabeli 1.

Tabela 1. Metoda wizualnej oceny emisji zanieczyszczeń z kotłów węglowych z rusztem stałym  
Table 1. Method of visual estimate of pollution emissions from coal-fired boilers equipped with fixed grid

Stopień dymienia Degree of smoke emission	Ocena dymienia Smoke emission assessment	Stopień ograniczenia dymienia Degree of smoke reduction (%)
5	Emisja bardzo duża – czarny kłębiący się dym, gęsta smuga Large smoke emission – black moutonneux fume, thick smudge	0 (brak katalizatora) (without catalyst)
4	Emisja duża – czarna gęsta smuga dymu, z chwilowymi białymi prześwitami Significant emission – black, thick smudge with temporary clearances	15-35
3	Emisja średnia – czarna lekka smuga dymu, po pewnym czasie biała Average emission – black, light smudge, white after a certain time	36-55
2	Emisja mała – niewielka ilość dymu, lekka biała smuga prześwitująca zaraz z wylotu komina Small emission – insignificant quantity of smudge, light and white smudge with temporary clearances (immediately from smoke-stack)	56-75
1	Emisja bardzo mała – niewielka ilość dymu, prawie niewidocznego z miejsca wyznaczonego do obserwacji Slight emission – insignificant amount of smoke, almost invisible from observation post	76-95

## Wyniki i dyskusja

Stopień oczyszczania spalin odlotowych z procesu spalania węgla w piecach z rusztem stałym z użyciem quasi-katalizatora Palsad badano w instalacjach kotłów centralnego ogrzewania w trzech domach jednorodzinnych. Znamionowa moc cieplna badanych pieców wynosiła od 30 do 40 kW, a sprawność cieplna – około 78%. Były one eksploatowane od 7 do 12 lat. Paliwem był węgiel drobnokawałkowy, typu groszek, o granulacji od 15 do 50 mm. Posiadał on, według dostawcy, następujące parametry:

- zawartość popiołu – od 21 do 24%,
- zawartość siarki – od 0,9 do 1,2%,
- wartość opałowa – od 23 000 do 26 000 kJ/kg.

Dozowanie Palsadu (w ilości od 1 do 4 kg/Mg węgla) następowało według następujących wariantów:

- sposób bezpośredni, polegający na dodawaniu Palsadu bezpośrednio do pieca (na warstwę rozżarzonego paliwa nakładano cieką warstwę węgla, na którą sypano przygotowaną porcję Palsadu, a następnie doładowywano węgiel do pełna),
- sposób pośredni, polegający na wymieszaniu węgla z Palsadem w odpowiednich proporcjach poza piecem, a następnie ładowaniu przygotowanej mieszanki do pieca na rozżarzoną warstwę paliwa.
- ładowanie do pieca brykietów wyprodukowanych z mialu węglowego, zawierających Palsad jako dopalacz zanieczyszczeń oraz dodatek wapna gaszonego jako lepiszcze; parametry węgla (zawartość popiołu i siarki oraz wartość opałowa) były zbliżone do omówionego wyżej węgla typu groszek; przygotowane brykiety suszono w warunkach naturalnych, a następnie porcjami ładowano do pieca na warstwę rozżarzonego paliwa.

Badania prowadzono metodą oceny wizualnej w skali ocen od 1 (emisja bardzo mała) do 5 (emisja bardzo duża). Każdy przypadek był oceniany pięciokrotnie przez trzech niezależnych obserwatorów. Do oceny końcowej przyjęto wartość średnią. Następnie, posługując się tabelą 1, określono stopień ograniczenia dymienia (zaczernienia spalin) w zależności od dawki quasi-katalizatora Palsad (tab. 2).

Stopień ograniczenia dymienia o 80% oznacza, że o taką wartość jest zmniejszona emisja sadzy oraz substancji smołowych (a także zawartego w nich benzo(a)pirenu). Odpowiednio jest ograniczana też emisja tlenku węgla oraz pyłu całkowitego. Wskaźniki emisji dwutlenku siarki i dwutlenku azotu pozostają praktycznie na niezmiennym poziomie.

Przeprowadzone badania wskazują, że stopień zanieczyszczenia spalin zmniejsza się od 20-30% przy dawce Palsadu wynoszącej 1 kg/Mg węgla do 75-95% przy dawce Palsadu wynoszącej 4 kg/Mg węgla.

Ważny jest również sposób dozowania Palsadu. Najmniej skuteczne jest podawanie dopalacza bezpośrednio na warstwę węgla załadowanego do pieca (stopień ograniczenia dymienia: od 20 do 74%). Znacznie lepsze efekty uzyskano w wyniku pośredniego dozowania Palsadu, polegającego na jego wymieszaniu z węglem poza piecem, a następnie ładowaniu przygotowanej mieszanki do pieca (stopień ograniczenia dymienia: od 24 do 78%).

Hilse D., Kapala J., Zeltinsh N., 2011. Quasi-katalityczna redukcja zanieczyszczeń w spalinach odlotowych z kotłów z rusztem stałym. Nauka Przyr. Technol. 5, 4, #68.

Tabela 2. Stopień ograniczenia dymienia spalin odlotowych z kotłów z rusztem stałym przy różnych dawkach quasi-katalizatora Palsad oraz różnych sposobach jego dozowania

Table 2. The degree of exhaust gases of smoke reduction from the coal-fired boilers equipped with fixed grid at different dosages of the quasi-catalyst Palsad and different ways of its dispensing

Sposób dozowania Palsadu Type of Palsad dosing	Zużycie Palsadu (kg/Mg węgla) Palsad consumption (kg/Mg coal)	Średnia ocena wizualna dymienia (w skali 1-5) Visual assessment (average) of smoke emission (range 1-5)	Stopień ograniczenia dymienia Degree of smoke reduction (%)
Bezpośredni Direct	1,0	4,0	20
	2,0	3,1	38
	3,0	2,2	56
	4,0	1,3	74
Pośredni Indirect	1,0	3,8	24
	2,0	2,9	42
	3,0	2,0	61
	4,0	1,1	78
Brykiety Briquette	1,0	3,5	30
	2,0	2,6	48
	3,0	1,7	66
	4,0	0,8	85

Najlepszy wynik uzyskano w przypadku ładowania do pieca brykietów z miazgi węglowej z dodatkiem Palsadu (stopień ograniczenia dymienia: od 30 do 85%). Ostatni sposób można preferować w programach ochrony powietrza w gospodarce komunalno-bytowej.

## Wnioski

1. Emisję zanieczyszczeń powietrza (sadza, substancje smołowe, benzo(a)piren, tlenek węgla, pył całkowity) z gospodarki komunalno-bytowej można skutecznie zmniejszyć, stosując quasi-katalizatory w procesie spalania węgla w piecach z rusztem stałym. Jednym z nich może być quasi-katalizator o firmowej nazwie Palsad.

2. Sposobem przydatnym do określania skuteczności oczyszczania spalin z pieców węglowych z rusztem stałym opalanych węglem z dodatkiem quasi-katalizatora jest metoda wizualnej oceny stopnia ich zaciemnienia według zaproponowanych kryteriów.

3. Technologia spalania węgla z dodatkiem quasi-katalizatora w piecach z rusztem stałym powinna być uwzględniana w gminnych programach ochrony powietrza.

4. Najlepsze efekty ochrony powietrza przynosi spalanie węgla w postaci brykietów z dodatkiem quasi-katalizatora (w ilości do 4 kg/Mg węgla). Uruchomienie produkcji takich brykietów może być zrealizowane w prosty sposób w każdej gminie.

## Literatura

- BEREZOWSKI K., OLCZAK Cz., 1983. Metodyka prowadzenia oceny emisji nieorganizowanej z baterii koksowniczej w Zakładach Koksowniczych im. Powstańców Śląskich w Zdzeszowicach. Maszynopis. Zakłady Koksownicze im. Powstańców Śląskich, Zdzeszowice.
- JUDA J., BUDZIŃSKI K., 1959. Zanieczyszczenie atmosfery. PWN, Warszawa.
- KAPAŁA J., 1989. Proces koksowania węgla – zagrożenie i ratunek dla środowiska. *Ochr. Zdr. Hut.* 4: 1-3.
- KAPAŁA J., 2003. Emisja zanieczyszczeń powietrza z procesu koksowania węgla. Wyd. AT-H, Bielsko-Biała.
- OFERTA Przedsiębiorstwa Produkcji Chemicznej Prodryn. 2000. Prodryn, Chorzów.
- OPIS PATENTOWY NR 165406. Katalizator do spalania sadzy. 1994. Współtwórcy: S. Gwardiak, K. Gwardiak. Opubl. 30 XII 1994. Urząd Patentowy, Warszawa.
- POLECHOŃSKI W., 2005. Propozycje rozwiązania problemu niskiej emisji w powiecie bielskim ze szczególnym uwzględnieniem beskidzkich miejscowości wycieczkowych. Maszynopis. Firma Weber Władysław Polechoński, Katowice.

## QUASI-CATALYTIC REDUCTION OF POLLUTANTS IN EXHAUST GASES FROM BOILERS EQUIPPED WITH FIXED GRID

**Summary.** Combustion of coal in boilers equipped with fixed grid constantly causes emission of a large quantity of air pollutants (tar substances, benzo-(a)-pyrene, furnace black, dust, etc.). It can be reduced by adding a quasi-catalyst to coal (e.g. Palsad) directly, indirectly or as coal briquettes. The efficiency of pollutants reduction, with proper doses and proportioning of quasi-catalyst may exceed 90%. A method of visual evaluation of the exhaust gases smoking (blackening) can be applied for measuring the efficiency of the proposed technology.

**Key words:** coal combustion, pollutants emission, emission reduction, quasi-catalyst, visual evaluation method

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Jan Kapala, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland, e-mail: jkapala@ath.bielsko.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*  
16.08.2011

*Do cytowania – For citation:*

*Hilse D., Kapala J., Zeltinsh N., 2011. Quasi-katalityczna redukcja zanieczyszczeń w spalinach odlotowych z kotłów z rusztem stałym. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #68.*