

Stanisław KRUCZEK

Halina KRUCZEK

Rudolf ŻAMOJDO

Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów

Politechnika Wrocławska

## SPALANIE NISKOKALORYCZNYCH ODPADOWYCH GAZÓW W KOTŁACH NA PRZYKŁADZIE HUT MIEDZI

Streszczenie. W pracy przedstawiono kierunki modernizacji kotłów w hutach miedzi zmierzające do intensyfikacji spalania niskokalorycznego odpadowego gazu szybowego, przyjmując, że paliwem stabilizującym proces spalania jest węgiel kamienny. Omówiono sposób modernizacji kotłów OP-35 w hucie miedzi Legnica oraz propozycje zmian w kotłach ORG-32 w hucie Głogów.

### 1. WSTĘP

W produkcji przemysłu chemicznego oraz w procesach przemysłu metalurgicznego powstają znaczne ilości toksycznych gazów odpadowych, które nie zawsze nadają się do odzysku zawartych w nich związków chemicznych i często kierowane są do atmosfery. Neutralizacja tych gazów poprzez utylizację jest jednym z kierunków działań w ochronie środowiska naturalnego. Gazy odpadowe zanieczyszczone pyłami oraz zawieszoną mazią (węglowodory ciężkie) zawierają składniki palne  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ . Metody termicznego unieszkodliwiania są jednymi z częściej stosowanych ze względu na ich prostotę i ekonomiczność. Spalanie niskokalorycznych gazów odpadowych w bezpośrednim płomieniu stosuje się, jeżeli ok. 50% ciepła powstającego podczas reakcji pochodzi z gazów odpadowych.

Spalanie determinują trzy podstawowe czynniki: mieszanie, temperatura, czas przebywania w strefie reakcji. Zmieszanie paliwa z utleniaczem jest nieodzownym warunkiem całkowitego i zupełnego spalania. Ponieważ zainicjowanie spalania wymaga dostarczenia ciepła, pożądane jest wprowadzenie w strefę zapłonu, gorących spalin. Podgrzewają one nie tylko mieszkankę paliwo-powietrzną, ale również dostarczają aktywnych chemicznie cząsteczek,

które dodatkowo intensyfikują proces spalania. Pozwala to na zmniejszenie gabarytów komór spalania. Intensyfikacja procesu mieszania może ograniczyć się do jednej strefy spalania lub może mieć charakter wymiany masy i ciepła pomiędzy poszczególnymi strefami.

Intensyfikację procesu mieszania zwykle realizuje się:

- w strefie przedpłomiennej przez odpowiednią realizację wpływu mieszanki,
- w strefie płomiennej stosowane są środki j.w. oraz umieszczone są stabilizatory, np. zawirowywacze,
- w strefie popłomiennej mieszanie zapewnia odpowiednie ukształtowanie komory paleniskowej.

Dla niskokalorycznych gazów odpadowych problem ten decyduje o skuteczności spalania ze względu na stosowanie niższych temperatur procesu. Stąd przy spalaniu odpadów stosuje się jednocześnie kilka sposobów intensyfikacji mieszania. Dobór palnika w dużej mierze wpływa na efektywność spalania odpadów i stabilność płomienia. Intensyfikację parametrów, decydujących o efektywności spalania, uzyskuje się przez: wytworzenie recyrkulacji spalin i ciepła, wymuszenie wirowego przepływu oraz stworzenie stref wysokiej temperatury.

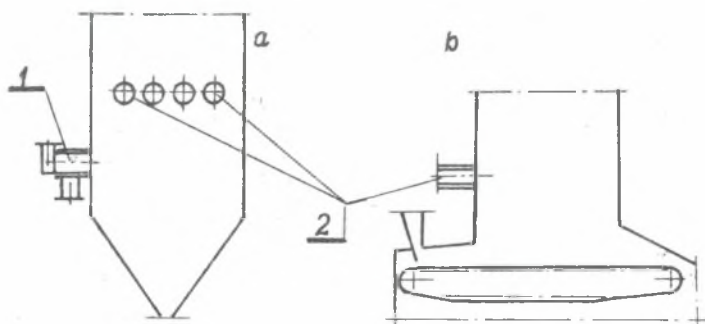
Konstrukcje palników wirowych, komór wirowych oraz ich kombinacje były badane w wielu ośrodkach badawczych [1], [2]. Stosowano do spalania niskokaloryczne gazy o wartości opałowej rzędu  $1,25 \text{ MJ}/\text{m}^3$ . Konstrukcje tego typu są zwarte, stosunkowo tanie, z niską stratą ciśnienia i umożliwiają także spalanie ciekłych i rozdrobnionych stałych odpadów.

Zasadniczym czynnikiem, decydującym o efektywności mieszania i stracie ciśnienia, jest aerodynamika palników i komór spalania.

## 2. GAZ SZYBOWY W HUTACH MIEDZI

W hutach miedzi w piecach szybowych powstaje niskokaloryczny zapyłony gaz o składzie 10 - 14% CO, 10 - 12% CO<sub>2</sub>, 0,1 - 0,4% CH<sub>4</sub>, 0,5 - 4% H<sub>2</sub> i 0,2 - 0,3% SO<sub>2</sub>. W Hucie Legnica powstaje około 80000  $\text{m}^3/\text{h}$ , z czego dopala się około 60% w istniejących kotłach pyłowych OP-35 oraz w komorach spalania suszarni brykietów, natomiast w Hucie Głogów powstaje około 170000  $\text{m}^3/\text{h}$  gazu szybowego, a dopala się około 55% w kotłach ORG-32 i częściowo na Wydziale Przygotowania Wsadu. Dopalany gaz po mokrym odpyłaniu zawiera drobną frakcję pyłów oraz cząstki wody, które utrudniają zapłon. Istniejące rozwiązania konstrukcyjne palników gazu szybowego oraz miejsce zabudowy ich

w kotłach nie zapewniają dobrego wymieszania z powietrzem i ze spalinami powstałymi ze spalania węgla oraz dostatecznego czasu pobytu w strefie temperatur powyżej zapłonu. Istniejące rozwiązania przedstawiono na rys.1.



Rys.1. Istniejący układ palników; a - kocioł OP-35, b - kocioł ORG-32, 1 - palniki pyłowe, 2 - palniki gazowe

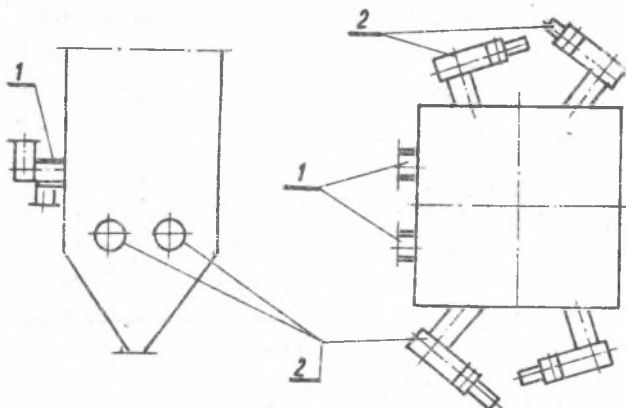
Fig.1. The arrangement of the burners in the coal-fired boilers OP-35 (a) and ORG-32 (b), 1 - pulverized coal burners, 2 - gas burners

W kotłach pyłowych OP-35 na ścianie przedniej zabudowane są dwa palniki pyłowe z wypływem burzliwym, natomiast na ścianach bocznych komory po cztery palniki strumieniowe rura w rurze na gaz szybowy, powyżej palników pyłowych. W kotłach rusztowych ORG-32 na ścianie przedniej zabudowanych jest pięć palników gazowych z wypływem strumieniowym, również rura w rurze. Wprowadzany gaz szybowy w obu przypadkach do komór kotłów bez wstępnego przygotowania podgrzania i wymieszania, ma niewystarczającą drogę na odparowanie cząstek wody, podgrzanie do temperatury zapłonu i dopalenie składników palnych. Występujące drobne frakcje pyłów w gazie oraz cząstki smoliste przechodzą ze spalinami do kanałów konwekcyjnych kotłów i w połączeniu z pyłami, pochodzącymi ze spalanego węgla, powodują zanieczyszczenie powierzchni konwekcyjnych kotłów.

### 3. MODERNIZACJA ISTNIEJĄCYCH UKŁADÓW

Głównym celem modernizacji istniejących kotłów jest zwiększenie ilości spalanego gazu szybowego w kotłach, obniżając przy tym ilość spalanego węgla. Zwiększenie ilości gazu spalanego zamierza się osiągnąć przez wstępne przygotowanie mieszaniny palnej, tj. przed wejściem do komory spalania podgrzanie i odparowanie cząstek wody przez wymieszanie z powietrzem o temperaturze 670 K, zawirowanie mieszaniny palnej przez palniki typu wirowego oraz znaczne wydłużenie drogi spalania w komorze paleniskowej, zmieniając ich usytuowanie.

W kotłach pyłowych OP-35 zmiany konstrukcyjne [3] przedstawiono schematycznie na rys.2.

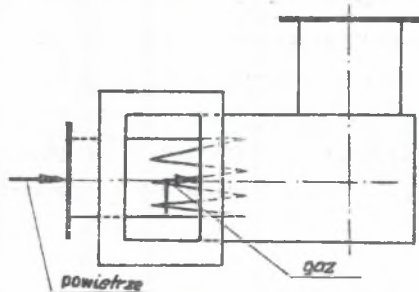


Rys.2. Układ palników kotła OP-35; 1 - palniki pyłowe, 2 - palniki gazowe

Fig.2. The arrangement of the burners of a coal fired boiler OP-35; 1 - pulverized coal burners, 2 - gas burners

W istniejącym rozwiązaniu (rys.1a) strumieniowe palniki gazu szybowego zabudowane były w połowie wysokości komory paleniskowej na ścianach bocznych, natomiast w modernizowanym kotle gaz doprowadza się czterema palnikami, usytuowanymi poniżej palników pyłowych na ścianach bocznych. Palniki (rys.3) umożliwiają wstępne mieszanie gazu z gorącym powietrzem, uzyskując w ten sposób mieszaninę o temp.

420 K, która ulega zawiroowaniu przez spiralne wprowadzenie do komory paleniskowej kotła. Wprowadzany gaz poniżej palników pyłowych omiwa w przeciwnym kierunku opadające cząstki żużla, schładzając się podgrzewa się, przepływając dalej przez strefę palników pyłowych obniża temperaturę spalania pyłu do 1200 - 1300 K.



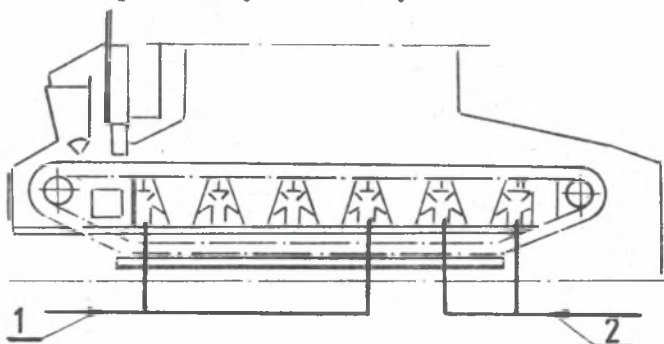
Rys.3. Palnik gazu szybowego

Fig.3. The burner of a shaft-furnace gas

Układ ten zapewnia zupełne spalanie niskokalorycznych, zanieczyszczonych i mokrych gazów, wiązanie smolistych pyłów w gazie przez żużel opadający do kosza żużlowego, co znacznie zmniejsza zanieczyszczenie powierzchni konwekcyjnych kotła. Obniżenie tem-

peratury w strefie palników zmniejsza ilość powstających tlenków azotu.

W kotłach rusztowych ORG-32 proponuje się zmiany w doprowadzeniu gazu szybowego do komór paleniskowych kotła rys.4 .

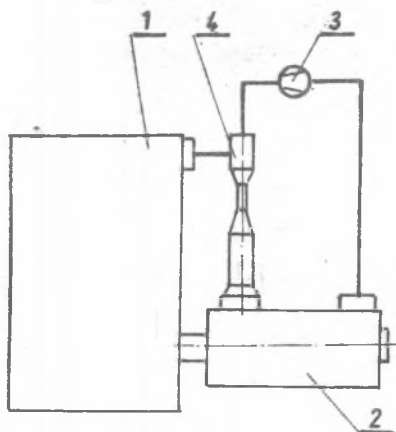


Rys.4. Sposób doprowadzenia gazu szybowego do kotła ORG-32;  
1 - kanały powietrzne, 2 - kanały gazu szybowego

Fig.4. The supply of the shaft-furnace gas to the ORG-32 boiler; 1 - air ducts, 2 - shaft-furnace gas ducts

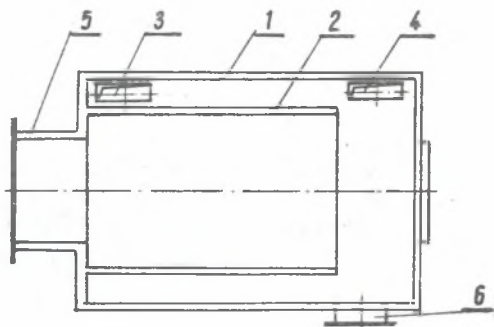
Zarówno w kotłach pyłowych, jak i rusztowych z przeprowadzonych pełnych obliczeń cieplnych wynika, że 40% obciążenia kotła może być pokryta przez węgiel, natomiast 60% gaz szybowy. Przyjmując te założenia w kotle rusztowym spalanie węgla zakończy się na 2/3 długości rusztu, czyli końcowa część rusztu będzie pokryta żużłem. W związku z powyższym proponuje się dokonać podziału skrzyni powietrznej pod rusztem i doprowadzić gaz szybowy rurociągiem do końcowych stref rusztu. Zanieczyszczony gaz przepływając przez rusztowiny i warstwę rozgrzanego żużla oczyszcza się z pyłów smolistych, podgrzewa, wychładzając jednocześnie żużel spływający do leja żużlowego. Sposób ten umożliwi wstępne przygotowanie gazu do spalania, wydłuży drogę spalania w komorze paleniskowej, a przy tym zmniejszy stratę w rozgrzanym żużlu i chłodzi rusztowiny w końcowej części rusztu. Dodatkowym lub niezależnym rozwiązaniem może być zabudowa palników na ścianach bocznych w dolnej tylnej części komory kotła.

Przy opracowywaniu koncepcji głównym założeniem było to, że paliwem stabilizującym proces spalania jest tylko węgiel kamienny bez wzbogacania gazu szybowego czy stosowania palników kombinowanych z użyciem gazu pełnowartościowego. Mając to na uwadze, dla kotła WIM 25 przyjęto koncepcję ze wstępnym spalaniem poza komorą kotła. Rozwiązanie to przedstawiono na rys. 5 i 6. Gaz szybowy jest podawany wentylatorem 3 do strumienicy 4, gdzie zasysa spaliny z tylnej części komory paleniskowej kotła. Spaliny mieszając się z gazem podgrzewają go i wpływają stycznie do pierścienia cylindrycznego



Rys.5. Układ z komorą spalania;  
1 - komora kotła, 2 - wirowa komora spalania, 3 - wentylator, 4 - strumienica

Fig.5. The scheme of the boiler with the swirl-combustion chamber; 1 - combustion chamber of the boiler, 2 - swirl combustion chamber, 3 - the fan, 4 - the ejector



Rys.6. Komora spalania; 1 - płaszcz zewnętrzny, 2 - płaszcz wewnętrzny, 3, 4 - palniki, 5 - gardziel wylotowa, 6 - króciec pyłu

Fig.6. The combustion chamber; 1,2-the outer and inner wall, 3, 4 - the burners, 5 - the exit throat, 6 - the dust stub

go, utworzonego przez dwie współosiowe komory wirowe. Przepływając spiralnie w kierunku ściany czołowej strumień ten miesza się z gazem szybowym, wprowadzonym palnikiem 4 i wpływa do wewnętrznej komory, a następnie gardzielą wylotową 5 do przedniej dolnej części komory paleniskowej kotła. Rozwiązanie to umożliwia wstępne przygotowanie, tj. podgrzanie, odparowanie cząstek wody, częściowa separacja pyłów, zapalenie i dopalenie w komorze paleniskowej kotła.

#### 4. PODSUMOWANIE

Obecnie realizowana jest modernizacja kotła OP-35 w Hucie Miedzi Legnica wg koncepcji przedstawionej na rys.2. W istniejącym układzie, wg rys.1, średnia ilość spalanego gazu wynosiła około  $4,5 \text{ um}^3/\text{s}$ . Z obliczeń cieplnych kotła oraz układu palnikowego wynika, że zachowując wydajność i parametry pary będzie można spalić średnio  $9,5 \text{ um}^3/\text{s}$  gazu szybowego przy obniżonej ilości spalanego pyłu węglowego. Zwiększenie ilości spalanego gazu szybowego w kotle powoduje wzrost oporów przepływu spalin w kanałach konwekcyjnych kotła oraz wzrost temperatury wylotowej spalin. W związku z tym przewidziano również zmiany w układzie powierzchni ogrzewalnych w drugim ciągu.



## LITERATURA

- [ 1 ] Syred N., Dahmen K.R., Styles A., Najim S.A.; Journal of Institute of fuel 1977, pp.195-206
- [ 2 ] Chem. Eng. Comm. 1977, vol.52, pp.163-172
- [ 3 ] Kruczek S. i in.; Raport Politechniki Wrocławskiej, Wrocław XII.1989

Recenzent: prof. dr hab. inż. Ludwik Cwynar

СЖИГАНИЕ НИЗКОКАЛОРИЙНЫХ ОТХОДНЫХ ГАЗОВ В КОТЛАХ  
НА ПРИМЕРЕ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА

Р е з ю м е

В докладе представлены способы и системы для утилизации низкокалорийных отходных газов, возникающих в химической и металлургической промышленности. Образующиеся отходные газы, загрязненные пылью, часто мазевой суспензией, содержат горючие компоненты  $\text{COH}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C H}$ . В большинстве предприятий находятся котельные использующие в качестве топлива каменный уголь, который сжигается в пластовых и камерных топках. В настоящее время часть газов дожигается в котлах, а значительная их часть выбрасывается в атмосферу. На примере медеплавильных заводов "Легница" и "Глогув" представлен способ интенсификации процесса сжигания шахтных газов в существующих котлах ОРГ -32 и ОР -35 стремящийся к увеличению сжигаемого газа при уменьшении отрицательных следствий для котла, т.е. загрязнения отапливаемой поверхности.

## COMBUSTION OF LOW CALORIFIC WASTE GASES IN THE IN THE COAL FIRED BOILERS

### S u m m a r y

In the paper the utilization methods and combustion system of low calorific waste gases from chemical and metallurgical processes is presented.

Usually, the waste gases contain besides the combustible components such as carbon monoxide, hydrogen and some hydrocarbons different kinds of solid pollutants. In most plants in which the low calorific gases are generated, there are the boilers fired with coal.

The parts of this waste gases is burning in existing boilers furnaces but considerable part of this gases is carried away to atmosphere.

On the base of the Copper-plants LEGNICA and GŁOGÓW the method of intensification of combustion of waste gases (i.e. the shaft-furnace gases) in the coal-fired boilers DRG32 and OP35 is presented.

Thus, the amount of the waste gases efficiently burned in the coal-fired boilers significantly increased at the same time preserving the parameters of the boiler and minimizing of the fouling of the boiler heating surfaces.