

Rudolf ŻAMOJDO, Władysław SIKORSKI, Andrzej BOBRYK  
Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów, Politechnika Wrocławska  
Józef PUPKA, Czesław CIASNOCHA, Waclaw STARNAWSKI  
Zespół Elektrociepłowni WROCLAW S.A.

## STANOWISKO DOŚWIADCZALNE DO BADANIA EKOLOGICZNIE PRZYJAZNYCH METOD SPALANIA PALIW

**Streszczenie.** Opisano rozwiązanie oraz podano dane techniczne instalacji badawczej, zlokalizowanej w Elektrociepłowni WROCLAW S.A. do badania nowych technologii spalania w kotłach pyłu z węgla kamiennych z obniżoną emisją  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  i lotnego popiołu. Stanowisko doświadczalne z zastosowaniem modelowego ogniowego przedpaleniska cyklonowego o mocy cieplnej 2,0 MW pozwoli przenieść uzyskane wyniki z badań i rozwiązania konstrukcyjne do wdrożenia na kotłach pyłowych dużej mocy.

## EXPERIMENTAL STAND FOR TESTING THE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHODS OF FUEL COMBUSTION

**Summary.** The construction is described and the technical data are given of an experimental installation, which is located in the thermal power station WROCLAW S.A., for testing new technologies of the boiler coal dust combustion with the lowered emission of  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , and fly ash. The experimental stand with the use of a model igneous cyclone precombustion chamber of the thermal power of 2,0 MW will allow one to apply the results yielded in investigations and the constructional solutions to their implementation to the pulverized-fuel boilers of the high power output.

## VERSUCHSANLAGE ZUR UNTERSUCHUNG VON UMWELTFREUNDLICHEN VERBRENNUNGSMETHODEN

**Zusammenfassung.** Beschrieben wurden die konstruktionslösungen und angegeben die technischen Daten der Versuchsanlage, installierter im Fernkraftwerk WROCLAW S.A. zur Untersuchung von neuen Technologien der Verbrennung in Kesseln der Steinkohlen-

stäube mit verringerter  $\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_2$  – Emission und Flugasche. Der Prüfstand unter Anwendung der modellartigen Zyklonvorfeuerung mit einer Wärmekraft von 2,0 MW erlaubt, die erhaltenen Versuchsergebnisse und Konstruktionslösungen bei Staubkesseln hoher Leistung anzuwenden.

## 1. WSTĘP

Stanowisko doświadczalne z przedpaleniskiem cyklonowym do badania ekologicznie przyjaznych metod spalania pyłu z węgla kamiennych jest kontynuacją wieloletniej współpracy naukowo-badawczej Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów (ITCiMP) Politechniki Wrocławskiej z Zespołem Elektrociepłowni Wrocław S.A. (Elektrociepłownia WROCŁAW i CZECHNICA).

Stanowisko doświadczalne przewidziane jako obiekt eksperymentalny do prowadzenia badań ogniowych nad metodami spalania w kotłach pyłu z węgla kamiennych, które spełniałyby zaostrzone wymagania norm emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , CO,  $\text{CO}_2$ , pyły) do atmosfery, a były możliwe do realizowania w realnych warunkach Zespołu Elektrociepłowni Wrocław S.A.

Koncepcję projektową stanowiska doświadczalnego opracowano w Zakładzie Urządzeń Kotłowych i Gospodarki Ciepłej ITC i MP z zastosowaniem rozwiązań wg Patentu Nr P-290507 Politechniki Wrocławskiej [1].

Ustalono, że przyjęcie mocy cieplnej 2,0 MW dla skali modelowego ogniowego przedpaleniska cyklonowego, przy zachowaniu jego odwzorowania geometrycznego i technologii procesu spalania z obniżeniem emisji  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  i popiołu, gwarantuje uzyskanie wiarygodnych wyników dla wdrożenia na kotłach pyłowych dużych mocy [2].

Stanowisko doświadczalne zlokalizowano na terenie Elektrociepłowni WROCŁAW S.A. Aktualnie znajduje się w końcowej fazie montażu. Uruchomienie przewidziano w IV kw. 1994 r.

Przewidziano możliwość przeprowadzenia na stanowisku doświadczalnym badań mających na celu ustalenie optymalnych parametrów technologicznych dla pracy przedpaleniska cyklonowego, a w szczególności:

- uzyskanie wysokiej obliczeniowej sprawności cieplnej procesu przy opalaniu pyłem z krajowych węgla kamiennych, z uzyskaniem minimum straty niecałkowitego spalania  $S_n < 1\%$ ;
- związanie do 95% popiołu wraz z produktami odsiarczenia w postaci zgranolowanego ciekłego żużla. Wyeliminowany zostałby tym samym problem braku miejsca na składowanie lotnych popiołów z elektrociepłowni. Szczególnie ważny jest to problem dla EC. CZECHNICA;
- ograniczenie do minimum powstawania tlenków azotu  $\text{NO}_x$  w wyniku kilkustopniowego spalania z niedomiarem powietrza w komorze zgazowa-

nia KZG, przy równoczesnym zapewnieniu wysokiego stopnia dopalania gazowych produktów rozkładu węgla w całym procesie spalania w komorze cyklonowej KC i komorach dopalania KD, przy zrealizowaniu wewnętrznej recyrkulacji gazów spalinowych;

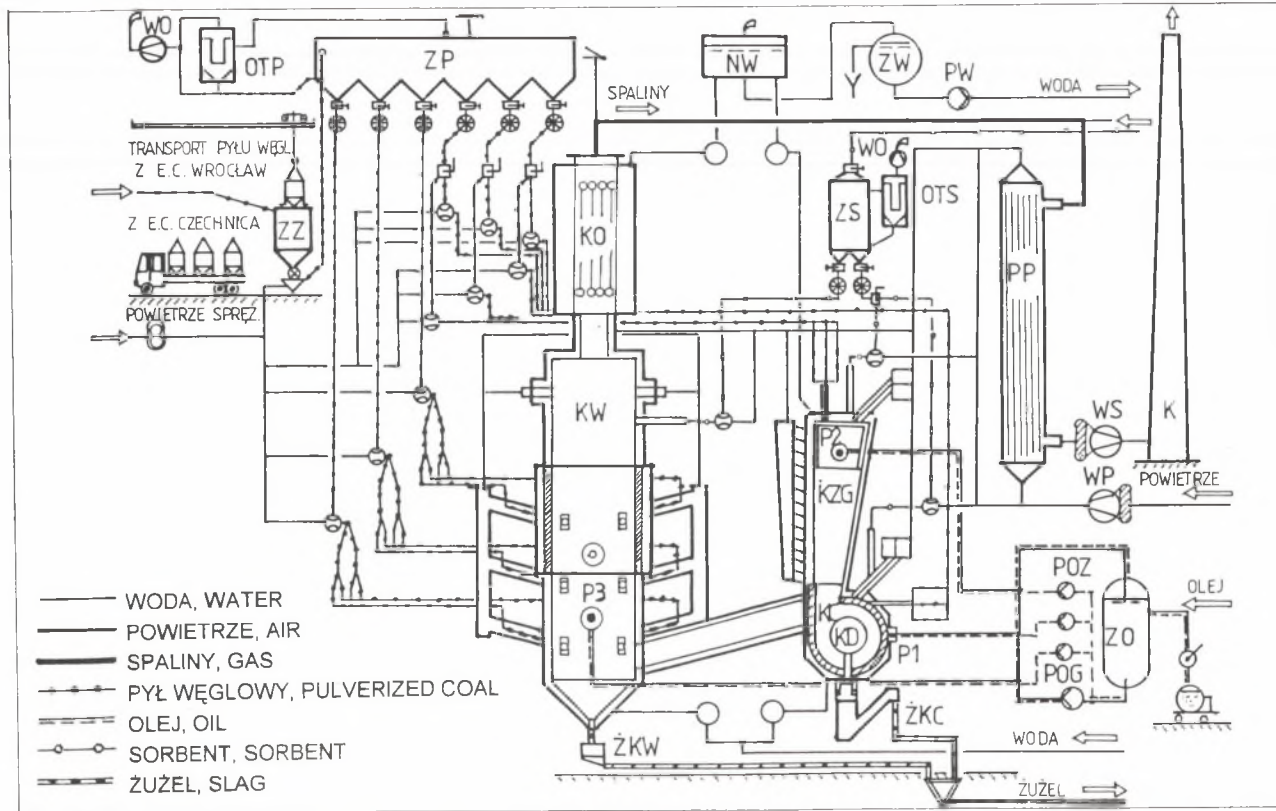
- chemiczne związanie tlenków siarki  $SO_x$  poprzez dodawanie do gorących spalin, w określonych miejscach układu, sorbentów wapniowych w udoskonalonej znanej, addytywnej, suchej metodzie odsiarczania bezpośredniego, z następnym odprowadzeniem produktów reakcji, łącznie z popiołem w postaci ciekłego żużla;
- przebadanie możliwości efektywnego prowadzenia pracy przedpaleniska przy zmiennych warunkach obciążenia i zmiennej jakości węgla z dotrzymaniem wymagań przepisów ochrony środowiska.

## 2. STANOWISKO DOŚWIADCZALNE

Schemat ideowy stanowiska przedstawia rys. 1.

Oznaczenia urządzeń na rys. 1:

KZG	– komora zgazowania, gasification chamber
KC	– komora cyklonowa, cyclone chamber
KD	– komora dopalania, afterburning chamber
KW	– komora wychładzania (kocioł wodny) – gas cooler (water boiler)
KO	– kocioł odzysknicowy, waste-heat boiler
NW	– naczynie wzbiorcze, container
OTP	– odpylacz tkaninowy pyłu, coal dust cleaner
OTS	– odpylacz tkaninowy sorbentu, sorbent dust cleaner
POG	– pompa olejowa główna, main oil pump
POZ	– pompa olejowa zapalarki, igniter oil pump
PP	– podgrzewacz powietrza, air heater
PW	– pompa wodna, water pump
P1, P2, P3	– palniki olejowe, oil burners
WO	– wentylator odpylacza, coal dust fan
WP	– wentylator powietrza, air fan
WS	– wentylator spalin, exhaust gas fan
ZO	– zbiornik oleju, oil tank
ZP	– zasobnik pyłu węglowego, coal dust bunker
ZS	– zasobnik sorbentu, sorbent dust bunker
ZW	– zbiornik wodny, water tank
ŻKC	– odzūlacz przedpaleniska, slag trap of precombustor
ŻKW	– odzūlacz kotła wodnego, slag trap of water boiler



Rys. 1. Schemat ideowy stanowiska badawczego

Fig. 1. Schematic diagram of the experimental system

## 2.1. Przedpalenisko cyklonowe

Podstawowe elementy stanowiska stanowią:

- komora zgazowania – KZG,
- komora cyklonowa – KC,
- komory dopalania – KD (2 komory),
- palniki pyłowe strumieniowe – 3 szt. na komorze KZG i 3 szt. na komorze KC,
- palniki rozpałkowe – 1 szt. na komorze KZG i 1 szt. na komorze KC; obydwie palniki na olej napędowy z rozpylaniem mechanicznym (ciśnieniowym) oraz 1 palnik blokowy w komorze KW,
- zasilanie powietrzem z podgrzewacza powietrza z podziałem na strumienie z regulowaną temperaturą do:
  - powietrza nośnego do dysz pyłowych komory zgazowania KZG,
  - powietrza do dysz stropowych KZG,
  - powietrza strefowego ściany przedniej komory KZG,
  - powietrza nośnego do dysz pyłowych komory cyklonowej KC,
  - powietrza do głównych dysz komory KC,
- po stronie spalin połącznie obu komór KD kanałami spalinowymi z komorą wychłodzenia KW; stanowią modelowe odwzorowanie komory paleniskowej z projektu kotła OPC-130 z EC CZECHNICA,
- odprowadzenie ciekłego żużla z komór dopalania KD następuje przez dwa wodne granulatory do instalacji odżużlowania kotłowni wodnej elektrociepłowni (do kotła KW-5),
- chłodzenie ścian przedpaleniska cyklonowego następuje przez wymuszony przepływ wody pompami pobierającymi wodę z uzupełnienia obiegu EC; do układu chłodzenia jako kolektory po stronie zasilania i odprowadzenia wody wykorzystano 4 rury  $\phi$  159 x 8,8 mm, które są również głównymi słupami nośnymi konstrukcji stanowiska doświadczalnego,
- konstrukcja nośna, na której posadowiono przedpalenisko cyklonowe, posiada opodestowanie dla obsługi ruchowej stanowiska,
- przedpalenisko cyklonowe wyposażone zostało w niezbędną dla prowadzenia ruchu armaturę z elementami zdalnego sterowania z nastawni cieplnej wraz z oprzyrządowaniem pomiarowym.

## 2.2. Komora wychładzania KW

Komora wychładzania, o przekroju wewnętrznym 1000 x 1000 mm, do której wprowadzane są gazy spalinowe z przedpaleniska cyklonowego, stanowi modelowe odwzorowanie układu, jaki przyjęto w projekcie do modernizacji kotłów w EC Czechnica. Oznacza to, że komora wychładzania będzie mogła spełniać taką samą funkcję, jaką ma spełniać komora paleniskowa kotła OP-130, tj. schładzanie spalin wylotowych z przedpaleniska, przy możliwości niezależnej pracy jako paleniska kotła pyłowego z odprowadzeniem popiołu w postaci stałej przy wyłączonym przedpalenisku cyklonowym. W tym celu

w komorze wychładzania KW na stanowisku doświadczalnym zabudowane zostały strumieniowe palniki pyłowe w układzie tangencjalnym na trzech poziomach, po 4 palniki na każdym.

Chłodzenie ścian komory wychładzania KW wykonano podobnie jak w przedpalenisku cyklonowym w postaci płaszcza wodnego zamkniętego szczelnie spawanymi ścianami z blachy grubości 5 mm. Poszczególne segmenty komory wychładzania KW łączone są połączeniami kołnierзовymi. Przestrzeń wewnętrzna pomiędzy ściankami płaszcza obudowy włączona jest do układu chłodzenia wodnego z przepływem wymuszonym.

Komora wychładzania posadowiona jest na dolnej ramie konstrukcji nośnej.

Odprowadzenie popiołu i żuźla z KW włączono do instalacji odzyskania kotła KW-5.

### 2.3. Kocioł odzysknicowy KO

Rolę schładzających powierzchni ogrzewalnych (konwekcyjnych) kotła w instalacji stanowiska doświadczalnego spełnia zabudowany nad komorą KW, stojący, pionowy, płomienicowo-oplomkowy kocioł S-10, dostosowany do pracy bezciśnieniowej z przepływem wody bez wytwarzania pary wodnej.

### 2.4. Podgrzewacz powietrza PP

Podgrzew powietrza do temperatury ok. 240°C realizowany jest w jednostopniowym podgrzewaczu powietrza wykonanym z rur  $\phi 32 \times 3$  mm w przepływie przeciwpądowym z przepływem powietrza wewnątrz rur. Gazy spalinowe dopływają do podgrzewacza powietrza z kotła odzysknicowego, a odprowadzane są przez wentylator spalin WS do komina kotłowni.

Powietrze do procesu spalania pyłu węglowego pobierane jest z otoczenia i tłoczone przez wentylator podmuchu WP do podgrzewacza powietrza z rozdziałem na strumienie: do palników przedpaleniska cyklonowego i do palników komory wychładzania.

### 2.5. Układ instalacji paliwowej

Stanowisko doświadczalne posiada dwie niezależne instalacje paliwowe:

- zasilania pyłem węglowym (podstawowe),
- zasilania olejem napędowym (rozpalowe).

Zasilanie stanowiska pyłem węglowym, zależnie od potrzeb, następuje w wyniku transportu pnematycznego z młynów bloków ciepłowniczych BC-100 do zasobnika pyłu ZP na stanowisku doświadczalnym lub dowożone jest transportem samochodowym z centralnej młynowni EC Czechnica w specjalnych pojemnikach. Pył węglowy z zasobnika dostarczany jest do przewodów pyłowych podajnikami ślimakowymi z możliwością zasilania palników przedpaleniska cyklonowego lub przełączenia na zasilanie palników strumieniowych w komorze wychładzania przy pracy tej komory tylko jako komory paleniskowej kotła wodnego.

Zainstalowany na stanowisku badawczym zasobnik pyłu węglowego o pojemności ok. 20 m<sup>3</sup> zapewnia zmagazynowanie pyłu na 24 godziny pracy instalacji przy zużyciu ok. 360 – 400 kg/godz. Odpowiada to mocy nominalnej przedpaleniska cyklonowego, wynoszącej ok. 2,0 MW, zależnie od jakości pyłu węgla kamiennego. Pod zasobnikiem pyłu węglowego zabudowano 6 szt. podajników dozowania pyłu do poszczególnych przewodów pyłowych. Pył dozowany jest podajnikami do strumienic, w których następuje jego mieszanie z powietrzem nośnym i transport do palników przedpaleniska cyklonowego lub po przełączeniu przewodów pyłowych do palników komory kotła wodnego (komory wychładzania KW). Podajniki napędzane są silnikami elektrycznymi z bezstopniową regulacją obrotów.

Do rozpalania palników pyłowych zastosowano palniki na olej napędowy; dwa palniki w przedpalenisku cyklonowym, po jednym P2 w komorze zgazowania KZG i P1 w komorze cyklonowej KC. W komorze wychładzania KW zastosowano jeden palnik P3 olejowy blokowy. Wszystkie olejowe palniki zasilane są olejem ze zbiornika ruchomego ZO zębatą pompą olejową POG. Zapłon oleju w palnikach olejowych następuje od palników z zapalarki (3 szt.) zasilanych również olejem napędowym od pomp POZ z rozpalaniem od iskrownika wysokonapięciowego. Zapłon palników olejowych może być wyjątkowo realizowany również za pomocą przenośnego palnika spawalniczego acetylenowo-tlenowego. Palniki olejowe spalają lekki olej napędowy, pobierany ze zbiornika ruchomego o pojemności ok. 400 dm<sup>3</sup>. W palnikach tych zastosowano lotnicze dysze rozpylające wtryskiwaczy wymontowane z komór spalania silników samolotów MIG-17 wycofanych z eksploatacji.

## 2.6. Układ instalacji odsiarczania

Mączka wapienna będzie dostarczana do zasobnika sorbentu ZS na stanowisko doświadczalne z układu odsiarczania kotłów wodnych pneumatycznie powietrzem sprężonym pobieranym z sieci EC.

Zainstalowany na stanowisku badawczym zbiornik mączki wapiennej o pojemności ok. 0,5 m<sup>3</sup> wystarcza na 24 godz. pracy instalacji przy jej całkowitym obciążeniu. Z zasobnika mączka wapienna dozowana jest podajnikiem ślimakowym do komory fluidyzacyjnej i dalej transportowana pneumatycznie do dysz w komorze zgazowania KZG, w komorze cyklonowej KC lub w komorze wychładzania KW w zależności od potrzeb i programu badań. Czynnikiem transportującym jest osuszone powietrze sprężone. Całość instalacji odsiarczania wyposażona jest w komplet zaworów oraz aparaturę kontrolno-pomiarową i centralne automatyczne sterowanie pracą instalacji.

## 2.7. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyzacji

W instalacji stanowiska doświadczalnego zaprojektowano rozbudowany nowoczesny układ pomiarowy umożliwiający wykonanie pełnego zakresu programu badań przedpaleniska.

Prowadzenie ruchu instalacji technologicznej całego stanowiska badawczego odbywać się będzie z wydzielonego pomieszczenia centralnej nastawni, w której zabudowana jest aparatura do zdalnej kontroli i rejestracji procesu oraz sterowania napędami potrzeb własnych urządzeń.

## LITERATURA

- [1] Żamojdo R., Sikorski W.: Sposób spalania pyłu węglowego i urządzenia do spalania pyłu węglowego. Zgłoszone w Urzędzie Patentowym RP Nr P-290507 z dn. 31.05.1991. Właściciel uprawniony – Politechnika Wrocławska.
- [2] Żamojdo R., Sikorski W.: Analiza możliwości redukcji  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  i popiołu po zabudowie przedpaleniska cyklonowego w kotle OPC-130 EC CZECHNICA. Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej. Raport Serii SPRAWOZDANIA Nr 34/92. Praca nie publikowana. Wrocław 1992.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz CHMIELNIAK

Wpłynęło do Redakcji 3.08.1994 r.

## Abstract

The constructional solution is described and the technical data are given of an experimental installation of the thermal power of 2.0 MW for the ingeous tests of a new technology of the coal dust combustion with the use of a cyclone precombustion chamber, the technology should fulfil the requirements of standards of the permissible emission of dust-gas impurities to the atmosphere ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , CO, and fly ash).

The diagram of an experimental stand is shown in Fig. 1. The combustion process technology is based upon the solution given in the patent pending No. P-29-0507 [1]. The experimental stand is equipped with the developed measuring system that guarantees to obtain the reliable results to be technologically implemented to the high power pulverized-fuel boilers. The experimental installation is located in the thermal power station WROCLAW S.A. At the present time the installation is in final stage of assembly. The start of the installation is planned in the last quarter of 1994.