



Prof. dr hab. inż. STANISŁAW MAŃKOWSKI

Dr inż. RYSZARD ZWIERZCHOWSKI

Dr inż. JERZY PIENIAŻEK

Mgr inż. MACIEJ STĘPIEWSKI

Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji
Politechniki Warszawskiej

Mgr inż. ZBIGNIEW KOVATS
Przedsiębiorstwo SOLVE Konin

Modernizacja źródeł ciepła

Pod wpływem czynników ekonomicznych (wzrost cen paliwa), ekologicznych (ograniczenie dopuszczalnych stężeń emitowanych zanieczyszczeń: SO_2 , NO_x , pyłów, CO i CO_2) oraz technicznych, w wielu źródłach ciepła, zasilających miejskie systemy ciepłownicze, konieczne staje się podjęcie działań powodujących wzrost ich sprawności energetycznych, dyspozycyjnej mocy cieplnej oraz ograniczenie emisji zanieczyszczeń.

Rozwiązanie tych zagadnień zostanie przedstawione na przykładzie modernizowanej kotłowni PGK w Kozienicach.

Zastosowano w niej paleniska z kaskadową aeroseparacją podziarną mialu węglowego i instalację do odsiarczania spalin.

I. Modernizacja kotłów z zastosowaniem paleniska z kaskadową aeroseparacją podziarną mialu węglowego na przykładzie kotłów typu WLM-5 i WR-10 (kotłownia Kozienice) - objęte zastrzeżeniem patentowym

1.1. Wprowadzenie

Ograniczenie mocy cieplnych i sprawności energetycznych kotłów z typoszeregu WLM, WR jest wynikiem spalania mialu węglowego gorszych sortymentów, charakteryzujących się:

- wartością opalową $Q_w \sim 16-20$ M J/kg,
- zawartością popiołu $A_w \sim 25-35\%$,
- zawartością podziarną $s \sim 10\%$ ($d_z < 1$ mm).

Znaczny masowy udział podziarna powoduje blokadę aerodynamiczną i utrudnia penetrację powietrza przez warstwę paliwa na ruszcie w wyniku czego powstają następujące negatywne zjawiska:

- spadek obciążenia cieplnego rusztu obniżający maksymalną moc cieplną kotła o 0,8 do 0,9 wartości znamionowej,

- wzrost współczynnika nadmiaru powietrza do wartości 2 — 2,5 w wyniku przedmuchów powietrza „falszywego”, np. przez szczeliny przyrzurowe lub w wyniku kawernowania powierzchni paliwa na ruszcie (miejscowe przedmuchy), co powoduje wzrost straty kominowej i spadek ogólnej sprawności kotła,

- przy górnych obciążeniach kotła wzrost niedopału w wyniku zwiększenia udziału części palnych w żużlu i popiele.

Zjawiska te powodują znaczące obniżenie sprawności energetycznej kotła nawet do poziomu $\eta = 60-65\%$ w zależności od stanu technicznego kotła i jakości paliwa. Powoduje to z kolei wzrost kosztów eksploatacji ciepłowni oraz brak mocy ciepłowni w stosunku do założonej mocy projektowanej. Przyłączenie nowych odbiorców do sieci ciepłowniczych również powoduje konieczność zwiększenia mocy ciepłowni. W takim przypadku polepszenie sprawności oraz zwiększenie mocy można uzyskać przez:

- inwestycje; koszty inwestycyjne rozbudowy istniejącej kotłowni wynoszą ok. 1,5 — 2,0 mld zł/MW, a przy budowie nowej kotłowni (ciepłowni 2,5 — 3 mld zł/MW).

- modernizację; zwiększenie mocy cieplnej można uzyskać przez zastosowanie palenisk z mechanicznym narzutnikiem węgla oraz zastosowanie paleniska z kaskadową aeroseparacją podziarną mialu węglowego.

Stosowanie w kotłach typu WLM-5 lub WR-10 palenisk narzutnikowych według rozwiązania inż. J. Kopydłowskiego lub CBKK Tarnowskie Góry jest możliwe, ale wobec znacznego wzrostu zapylenia spalin (znaczący wzrost unosu) wymaga stosowania dwustopniowych układów odpylania, o których skuteczności nie zawsze dają się przekonać wojewódzkie wy-

działa ochrony środowiska. Ponadto w paleniskach narzutnikowych w wyniku wyższej temperatury spalania wzrasta emisja NO_x .

Stosowanie palenisk narzutnikowych wiąże się często ze znaczną przeróbką kotła zarówno w części ciśnieniowej (wbudowanie narzutnika) jak i rusztowej (zmiana kierunku posuwu rusztu), co z kolei stwarza duże trudności wykonawcze, podnosi znacznie koszt przedsięwzięcia, a czasami występują bariery wynikające z warunków przestrzennych w istniejących obiektach.

Jak wykazała praktyka kotły z narzutnikami charakteryzują się dużą zawodnością mechaniczną, jak również stwarzają trudności eksploatacyjne w zakresie ich regulacji. W paleniskach tego typu problemem jest także obniżenie długowieczności niektórych elementów kotła takich jak: rusztowiny, lub ekrany eksponowane na komorę spalania (erozja, nadmierne obciążenie cieplne powierzchni). Koszt modernizacji szacuje się na 0,2 do 0,3 mld zł/MW.

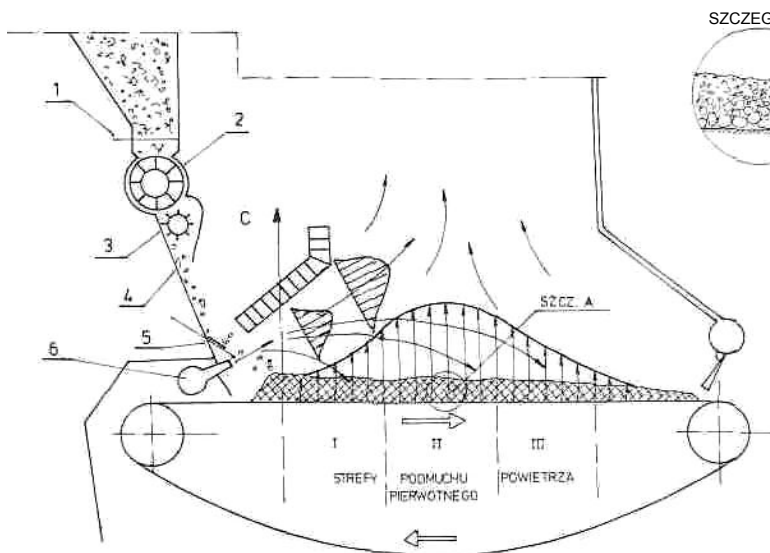
Metoda aeroseparacji wymaga jedynie wprowadzenia w kotle zespołu dysz liniowych i zmiany kosza nawęglania. Umożliwia uniknięcie dużych zmian koniecznych w paleniskach narzutnikowych (ten sam kierunek rusztu, w większości kotłów to samo ekranowanie np. typu WLM-5, WR-10). Minimalizuje to koszty inwestycyjne od 0,4 do 0,8 mld zł. W kotłach, w których można uniknąć zmian w części ciśnieniowej po wykonaniu projektów i kompletacji podzespołów i materiałów, demontaż starego i montaż nowego układu nawęglania można wykonać w okresie od 5 do 8 dni, zwłaszcza, że Przedsiębiorstwo „Solve” Spółka z o.o. w Koninie podjęło produkcję narzutników aeroseparacyjnych i innych urządzeń wchodzących w skład instalacji.

1.2. Opis rozwiązania

Schemat ideowy paleniska z rusztem taśmowym i kaskadową aeroseparacją podziarną pokazano na rys. 1. Układ składa się z zasowy prętowej 7, liniowego podajnika celkowego 2, rozdrabniacza 3, płyty podającej paliwo 4, płetwy 5, oraz zespołu dysz liniowych 6. Powietrze podawane dyszami powoduje z jednej strony separację podziarną i warstwowe ułożenie się paliwa na ruszcie A, a z drugiej spełnia funkcję powietrza wtórnego. Powietrze podawane do dysz jest podgrzewane do $t_p \sim 100 - 120^\circ\text{C}$ we wstępnym podgrzewaczu powietrza lub przez zmieszanie ze spalinami z czopucha.

Podstawowe dodatkowe urządzenia:

- napęd dozownika z pełną regulacją obrotową o mocy 2kW,
- wentylator powietrza separacyjnego o mocy silnika ok. 3 kW,



- wymiennik ciepła spaliny - powietrze,
- ewentualny wstępny odpylacz przelotowy spalin.

1.3. Efekty modernizacji

W wyniku modernizacji kotłów typu WLM i WR można uzyskać następujące efekty:

- wzrost mocy cieplnej kotła o 35 do 50% przy spalaniu paliwa o wartościach opałowych 18—20 MJ/kg,
- wzrost sprawności energetycznej o ok. 10% w wyniku poprawy procesu spalania, a szczególnie redukcji współczynnika nadmiaru powietrza, ograniczenia strat niedopału i przesyphu oraz wprowadzenia podgrzewacza powietrza.

Termin rozruchu kotła typu WLM-5 w Koźlenicach, z zastosowaniem paleniska z kaskadową aeroseparacją podziarną miału węglowego, przewiduje na to drugą połowę stycznia 1992 roku.

2. Odsiarczanie i odpylanie

2.1. Metody odsiarczania

Metody odsiarczania spalin można podzielić na:

- mokre,
- półsuche,
- suche.

Wszystkie te metody są procesami znanymi o licznych zastosowaniach przemysłowych.

Metody mokre umożliwiają uzyskiwanie wysokich sprawności odsiarczania, ale produktem ubocznym jest wodna zawiesina siarczanów/siarczanów wapnia - uciążliwych do składowania.

Metody suche są z kolei tanie i mają niekłopotliwy, bo suchy w konsystencji produkt uboczny, ale w przeciwieństwie do metod mokrych dają zwykle niskie (ok. 50%) sprawności odsiarczania, stąd zakres ich stosowania jest ograniczony do węgla niskozasiarczonego.

Metody półsuche łączą zaletę wysokiej sprawności odsiarczania metody mokrej (w obu metodach proces chemiczny zachodzi w fazie ciekłej), z niskim kosztem metody suchej.

Te niskie koszty metody półsuchej w stosunku do mokrej wynikają z tego, że:

- suchy produkt uboczny jest łatwy do zagospodarowania,
- mniejsze jest zapotrzebowanie na energię, . - mniejsze jest zużycie wody,
- łatwiejszy do prowadzenia proces, ' - mniejsze są koszty inwestycyjne.

Według danych niemieckich, względne koszty inwestycyjne kształtują się następująco:

SZCZEGÓŁ A	
- odsiarczanie bezpośrednie	100%
- metoda mokra	300%
- metoda półsucha a koszty eksploatacyjne:	210%
- odsiarczanie bezpośrednie	5-25 DM/MW, 10 -
- metoda mokra	45 DM/MW, 5-15
- metoda półsucha	DM/MW.

Rys. 1 -; Schemat ideowy paleniska z kaskadową separacją podziarną na klasycznym ruszcie taśmowym

2.2. Preferowana metoda

Najbardziej popularną metodą półsuchą jest metoda suszenia rozpyłowego. Stosowana aparatura w metodzie suszenia rozpyłowego jest konstrukcyjnie stosunkowo prosta. Głównym aparatem jest absorber spalin produkowany przez Przedsiębiorstwo „Solve” Spółka z o.o. w Koninie ul. Nadbrzeźna 1. Aparat ma kształt cylindryczny z zakończeniem stożkowym. Do rozpylania zawiesiny sorbentu używa się rozpylaczy talerzowych lub dysz mechanicznych (najczęściej dwustrumieniowych). Ważne jest, aby uzyskać populację możliwie drobnych jednorodnych kropeł (zwiększenie powierzchni i ujednorodnienie procesów wymiany ciepła i masy).

Z kolei pozostała część instalacji to urządzenia do przygotowania mleka wapiennego. Ta część instalacji może składać się ze zbiornika magazynowego CaO lub Ca(OH)², lasownika mieszalnika zawiesiny i pompy zasilającej (rys. 2).

Odpylacz (filtr workowy), multicyklon lub filtr elektrostatyczny - w Kozienicach multicyklon typu LURGI służy do odbioru ze spalin zużytego sorbentu oraz pyłów dymnicowych.

Ze względu na często znaczną zawartość składników alkalicznych w popiołach istnieje możliwość ich wykorzystania, a tym samym zaoszczędzenia ilości zużywanego sorbentu czasami nawet o ok. 30%. W tym przypadku (linia przerywana na rys. 2) stosuje się recykulację części pyłów odbieranych w odpylaczu używając ich do przygotowania w mieszalniku dodatkowej cieczy sorbencyjnej, która łączy się z mlekiem wapiennym.

Koszty eksploatacyjne wiążą się przede wszystkim z kosztem surowców, a praktycznie głównie z sorbentem wapiennym (CaO lub Ca(OH)₂).

Zapotrzebowanie, np. na Ca(OH)₂ dla węgla o zawartości 1 % siarki w warunkach stechiometrii wynosi 23,2 kg/Mg węgla. Natomiast zapotrzebowanie na wodę wynosi ok. 0,04/1000 m³ spalin.

Koszty energii elektrycznej zużywanej przez instalację do odsiarczania spalin są niewielkie, ze względu na małą moc zainstalowanych silników elektrycznych.

Nie bez znaczenia jest także dostępność sorbentu wapiennego na rynku i jego złoża kopalniane w Polsce.

Instalacja, ze względu na prostotę konstrukcyjną i technologiczną nie wymaga specjalnie wysoko wykwalifikowanej obsługi, ani też dodatkowej obsługi.

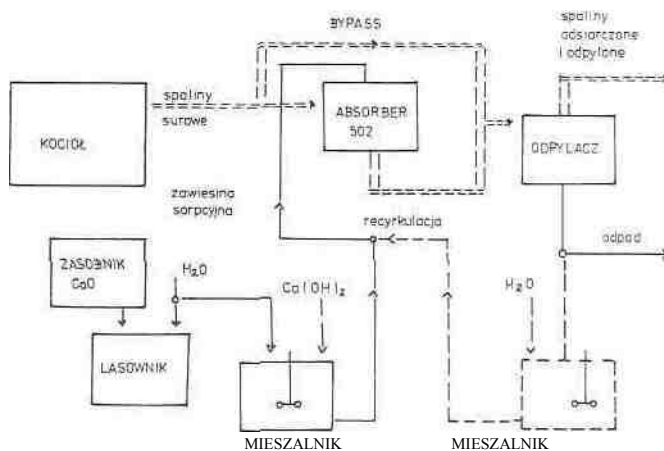
Odpad to suchy proszek, głównie CaSO₄, CaSO₃ i nie przereagowane wapno hydratyzowane łącznie z pyłami dymnicowymi. Opisana instalacja daje się również łatwo wykorzystać do zmniejszenia stężenia tlenków azotu przez alkalizację obiegu wodnego.

Instalacja z uwagi na liczbę aparatów i urządzeń, a także ich wielkości mieści się stosunkowo łatwo między ścianą kotłowni a odpylaczami dla większości przypadków rozwiązań kotłowni i ciepłowni komunalnych, jak i przemysłowych. Może być stosowana do kotłów o mocy od 1 do 50 MW. Nie bez znaczenia jest również fakt, że po pozytywnej opinii specjalistów z Ministerstwa Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, inwestor otrzymał dofinansowanie z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska.

Praca kotłów i instalacji odsiarczania spalin sterowana i nadzorowana będzie przez mikrokomputer, który przejmie również funkcje związane z automatyczną regulacją procesów technologicznych całego kotłowni oraz będzie generował odpowiednie raporty i sprawozdania. System tym obejmie całą kotłownię z 4 kotłami typu WLM-5 i 2 kotłami typu WR-10 (po modernizacji)

Dane techniczne instalacji odsiarczania spalin metodą suszenia rozpyłowego

Moc kotła (zmodernizowany WLM-5) - 8 MW
Węgiel: zużycie: - 0,6 - 2 Mg/h



Rys. 2. Instalacja odsiarczania spalin metodą półsuchą suszenia rozpyłowego

wartość opałowa	- 15 – 22 MJ/kg
siarka palna	- do 1,4 %
Strumień spalin	- 600 – 17000Nm ³ /h
Procent usunięcia SO ₂ :	obliczeniowy - do 90%
	gwarantowany w/g Dz.U. nr 15 z 1990.03.
Czas pracy	14 8760 h/rok
Strata ciśnieniowa (absorber)	500 Pa

Zużycie surowców i energii dla zawartości siarki palnej w węglu 1%

Wapno hydratyzowane	-
Woda przemysłowa	-
Energia elektryczna	-

Odpad 30 kg/Mg węgla,
0,25 m³/Mg węgla,
5,6 kW/Mg węgla.

Rodzaj: CaSO₄ + zanieczyszczenia (CaSO₃, Ca(OH)₂; CaCl₂, CaCl₂ i lotny popiół).

Postać: sucha, sproszkowana, własności cementujące, nieszkodliwa dla otoczenia, praktycznie nierozpuszczalna w wodzie.

Ilość: 37,5 kg/mg węgla.

Możliwość utylizacji: do produkcji materiałów budowlanych bez zastosowania w budownictwie mieszkaniowym, do podsyпки dróg, sypania wałów przy regulacji rzek itp.

Koszty

Inwestycyjne	1,600 mm zł.
Eksploatacyjne	160 min zł/rok.

Efektywność ekonomiczna

Według Dz. U. nr 89 z dnia 9. 10.1991 r. oraz Dz. U. nr 125 z dnia 31.12.1991 r. dla 1% siarki palnej z węgla, wartości opałowej węgla 18 MJ/kg i wysokości opłat z 1992 r. (tab). Kocioł typu WLM-5 zużywa 2 Mg węgla/h) WR-10 zużycia 4 Mg węgla/h.

TABELA

Wielkości dla 1 Mg węgla/h	Ilość/rok	Koszty/rok
Ładunek SO ₂ w węglu w tym:	175,2 Mg SO ₂ ;	928290000.-
zrzut dopuszczalny zrzut powyżej	100,9 Mg SO ₂ ;	110990000.-
dopuszczalnego	74,3 Mg SO ₂ ;	817300000.-
Koszt eksploatacji instalacji odsiarczania metodą półsuchą		180000000.-
Amortyzacja		72000000.-
Oszczędność netto rocznie		676290000.-

Oszczędność netto rocznie wynosi:

dla kotła typu WLM-5 676290000 zł. x 2 = 1 352 580 000 zł. dla kotła typu WR-10 676290000 zł. x 4 = 2 705 160 000 zł.

Przy pracy kotła z dużym obciążeniem inwestycja powinna zwrócić się już po 2 latach.

Termin uruchomienia instalacji z węzłem mlecza wapiennego oraz z AKPiA w Kotłowni Miejskiej w Kozienicach przewiduje się na II kwartał 1992 r.

Po zakończeniu poszczególnych etapów modernizacji, osiągnięte rezultaty zostaną przedstawione w kolejnej publikacji.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Burnett T., O'Brien W: U.S. Report EPA 600/7-80-050, EDT-112, March 1980
[2] Bullerf.-.Progress Report for LASL, Los Alamos, NM 87545, Dęć, 1980 [3] Crove et al: Combustion pp. 34 - 37 Feb. (1981)
[4] Ernich S.: Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 3/1985
[5] Katalog-Polskie Instalacje Odstarczania Spalin Przemysłowych, IOS, Warszawa 1989
[6] Kelly M., Shareef S.: Report EPA - 600-57-81-019, July (1981)
[7] Keller-Reinspach: Entwicklungsstand der SO₂. Minderung für Kleina-niagen. BWK Nr 12/1988

[8] Parsons E. et al.: Symp. on Flue Gas Desulfurization-Proc., Houston, USA

Oct 1980

[9] Pasynkiewicz J.: Raport: Analiza stanu prac w zakresie odstarczania spalin w kraju i za granicą. Katowice, 1986

[10] Pikoń J.: Aparatura chemiczna, PWN, W-wa 1983

[11] Ryszka E.: Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniem-w hutnictwie żelaza,

Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1976

[12] Stearus, Conrad and Schmidt: Consulting Engs, Inc.- Report CS - 1765, Palo Alto, Cal. USA March 1981

[13] Turchmid R.: Kotłownie i elektrownie przemysłowe.

Arkady, Warszawa 1988

[14] Zwierzchowski R.: Prace naukowe Politechniki Warszawskiej Z. 3, 1988

[15] Zwierzchowski R., Mańkowski S.: Projekt prototypowy instalacji odpylania spalin w zmodernizowanym kotle WLM/ WR-2,5 z rusztem narzutnikowym - kotłownia rejonowa. Siedlce (zlecenie WPEC Siedlce) Warszawa grudzień 1989

[16] Yeg J., Demski R. Joubert J.: ACS Symposium. March 29, Atlanta 1981

[17] V Krajowa Konferencja pt. Oszczędna gospodarka energetyczna i ochrona atmosfery. Kalisz, październik 1990

[18] Mańkowski St., Dzierzgowski M.: Oferta modernizacji paleniska kół WLM, WR, OR, OSR itp. z zastosowaniem paleniska z kaskadową aereoseparacją podziarna mialu węglowego. PW IOiW Warszawa 03.91 r.