

Wstępne doświadczenia z eksploatacji paleniska z kaskadową aeroseparacją podziarną w kotle WLM-5

Spadek osiąganych mocy cieplnych i sprawności kotłów z mechanicznymi rusztami, wywołany jest między innymi spalaniem węgla o parametrach gorszych niż przyjęte przy projektowaniu kotłów. Spalane gatunki węgla charakteryzują się:

- wartością opałową $Q_w \sim 16-20$ MJ/kg,
- zawartością popiołu $A'_w \sim 22-35\%$,
- zawartością podziarna $d_p < 1$ mm $\sim 10\%$.

Znaczny udział podziarna utrudnia przepływ powietrza przez warstwę paliwa na ruszcie, w wyniku czego spada obciążenie cieplne rusztu, obniżającą osiąganą przez kocioł moc cieplną. Duże opory przepływu przez warstwę węgla na ruszcie powodują miejscowe przedmuchy (kawernowanie) i ucieczkę powietrza podmuchowego przez wszelkie nieszczelności w obrębie rusztu. W rezultacie rośnie współczynnik nadmiaru powietrza do wartości 2,3-3. Efektem tego jest wzrost straty kominowej i spadek sprawności kotła. Przyczyny te łącznie z zanieczyszczonymi z reguły powierzchniami grzewczymi kotłów sprawiają, że sprawność energetyczna kotłów bardzo rzadko przekracza 70%, a najczęściej wynosi 60-65%.

Eksploatacja kotłów przy tak niskiej sprawności wiąże się ze zwiększonymi kosztami, które będą rosły szybciej niż możliwości wzrostu cen sprzedawanej energii. Wynika to z tego, że ceny węgla są już cenami wolnorynkowymi, a możliwość podnoszenia cen energii cieplnej przez producentów jest kontrolowana i ograniczana przez Ministerstwo Finansów. Ponadto niska sprawność kotłów będzie lub już jest powodem kolizji z obowiązującymi i przyszłymi normami, dotyczącymi dopuszczalnych emisji stężeń zanieczyszczeń emitowanych przez kotłownie.

Istnieje możliwość poprawy sprawności kotłów, przy równoczesnym zwiększeniu ich mocy cieplnej przez:

- Zastosowanie udoskonalonych palenisk z mechanicznym narzutnikiem węgla, dające przyrost mocy do 100% i sprawność kotłów ok. 80%. Paleniska wykorzystujące narzutniki mechaniczne pracują już od kilkunastu lat i istnieje duża liczba publikacji na ten temat. Koszty inwestycyjne są stosunkowo wysokie, ok. 400 mln zł/MW, chociaż o ok. 70% niższe niż budowa nowej kotłowni.

- Zainstalowanie paleniska z kaskadową aeroseparacją podziarną miału węglowego (objęte zastrzeżeniem patentowym), dające przyrost mocy 25-30%. Koszt inwestycyjny 80-100 mln zł/MW, w zależności od typu i stanu kotła.

Opis rozwiązania zastosowanego w kotle WLM-5

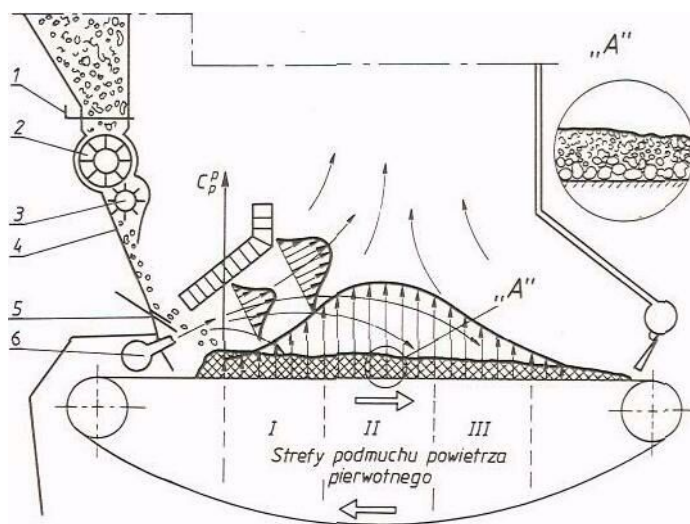
Schemat paleniska z taśmowym rusztem i kaskadową separacją podziarną pokazano na rys. 1. Układ składa się z: zasuwki prętowej - 1, celkowego podajnika węgla - 2, rozdrabniacza - 3, płyty podającej paliwo - 4, pletwy - 5 oraz zespołu dysz liniowych - 6.

Węgiel dozowany za pomocą podajnika celkowego 2, zsuwa się po płycie 4 i pletwie 5, a następnie spadając grawitacyjnie na ruszt, trafia na strumień wydmuchiwanym z dużą prędkością gazów z dysz szczelinowych 6. Podziarno i drobniejsze kawałki węgla unoszone są w kierunku komory kotła, gdzie ulegają spalaniu w przestrzeni lub opadają i dopalają się na ruszcie. Gazy o temperaturze $\sim 100^\circ\text{C}$, podawane z dysz, powodują z jednej strony separację podziarną i warstwowe ułożenie się paliwa na ruszcie (szczegół A), a z drugiej strony spełniają funkcję powietrza wtórnego.

W skład instalacji wchodzi jeszcze następujące urządzenia, nie uwidocznione na rysunku:

- napęd dozownika z płynną regulacją prędkości obrotowej,
- wentylator gazów aeroseparacyjnych z płynną regulacją prędkości obrotowej, zamontowany obok wentylatora podmuchowego,
- wstępny odpylacz przelotowy umieszczony w czopuchu,
- podgrzewacz powietrza.

Powyższe elementy są wykonywane przez Przedsiębiorstwo SOLVE. W kotle WLM-5 instalacja paleniska aeroseparacyjnego wymagała jedynie zmian w wylocie z bunkra węglowego i niewielkich przeróbek w przedniej skrzyni rusztu i podcięcia przedniego sklepienia zapłonowe-



Rys. 1. Schemat ideowy paleniska z kaskadową separacją podziarną na klasycznym ruszcie taśmowym: 1 - zasuwka prętowa, 2 - dozownik celkowy, 3 - rozdrabniacz, 4 - płyta, 5 - zsypanie, 6 - dysze szczelinowe

go. Wszystkie elementy instalacji można zamontować na kotle w ciągu kilkunastu dni.

Uzupełnieniem do modernizowanego kotła jest instalacja odsiarczania spalin, metodą półsuchą na drodze suszenia rozpyłowego.

Ogólny układ technologiczny instalacji pokazano na rys. 2. Można w nim wydzielić dwa układy:

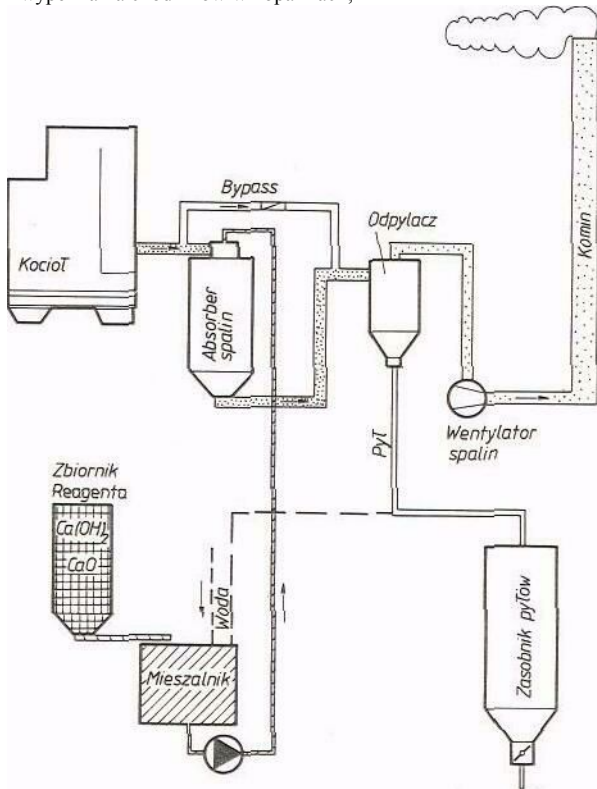
- przygotowania mleczonego wapniowego,
- redukcji SO_2 i odpylania.

Proces technologiczny odsiarczania spalin polega na rozpyleniu mleczonego wapniowego w absorberze. Reakcja musi przebiegać ze względu na jej sprawność w odpowiednio niskiej temperaturze. Sprawność odsiarczania wynosi wtedy 90%. Odsiarczone spaliny opuszczające absorber mają temperaturę niższą od „punktu rosy” i aby zapobiec korozji kanałów, odpylacza i komina, spaliny muszą zostać podgrzane do temp. ok. 120°C . Uzyskuje się to przez wymieszanie spalin ochłodzonych z pewną ilością spalin pobieranych przez obejście. Wpływa to na obniżenie końcowej sprawności odsiarczania. Dlatego ważna jest temperatura spalin za kotłem. Proces odsiarczania zależy od czasu przepływu spalin przez absorber, stężenia SO_2 w spalinach, nadmiaru wapnia. Ważne jest z jaką sprawnością pracuje kocioł i jak się ta sprawność zmienia przy różnych obciążeniach. Znaczenie ma również rodzaj spalanej węgla, ponieważ od tego zależy ilość spalin. Zaobserwowano również zmniejszenie udziału tlenków węgla w spalinach. Wytrącone pyły w odpylaczu zawierające gips i wapno mogą być transportowane przez przenośniki lub sprężone powietrze do zasobników pyłów lub (co nie jest zalecane) mieszane z

żużlem i składowane na składowiskach. Pyły z odpylacza zawierają związki wapnia o różnym jego udziale w zależności od tego, czy kocioł ma odpylacz wstępny i od nadmiaru wapna.

Produkt odsiarczania można wykorzystać do następujących celów:

- jako podsypkę pod drogi (pod wpływem wilgoci ulega wiązaniu),
- odkwaszania gruntów (rekultywacja),
- umacniania skarp,
- wymieszane z cementem stosowane są na nieprzepuszczalne membrany do komunalnych składowisk odpadów,
- naprawy dróg,
- wypełniania chodników w kopalniach,



do cementowozu Rys. 2. Schemat instalacji do odsiarczania metodą suszenia rozpyłowego

- ochrony rur ułożonych w gruncie,
- jako dodatek do produkcji cementu w cementowniach,
- jako dodatek przy produkcji cegieł w autoklawach,
- po dodatkowym procesie utleniania jako gips techniczny,
- jako surowiec do produkcji materiałów budowlanych. Zaprojektowana, wykonana i skompletowana przez Przedsiębiorstwo „SOLVE” w Koninie instalacja odsiarczania w trakcie eksploatacji uzyskała skuteczność w absorberze 87% i całkowitą 72%. Zużycie surowców i energii przy zastosowaniu węgla o zawartości siarki palnej w węglu 1% wynosi:
- wapno hydratyzowane - 30 kg/Mg węgla,
- woda - 0,25 m³/Mg węgla,
- energia elektryczna - 5,6 kW • h/Mg węgla.
- Poniesione nakłady inwestycyjne - 2 mld zł.
- Przewidywany koszt eksploatacji - 160 mln zł/rok-
- Przewidywane oszczędności z tytułu zmniejszonych opłat za zanieczyszczenie środowiska - 670 mln zł.

Dzięki pozytywnej opinii Ministerstwa Ochrony Środowiska inwestor otrzymał bezzwrotną pożyczkę z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska na budowę tej instalacji.

Dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne z zabudowanym paleniskiem kaskadowej arooseparacji podziarna

Palenisko zostało zainstalowane w kotle WLM 5-1 w I kwartale 1992 r. Do modernizacji został przeznaczony kocioł, w którym przewidziano do wymiany część ciśnieniową, z powodu bardzo złego stanu **technicznego**.

Podane niżej uwagi dotyczą okresu eksploatacji przed wymianą części ciśnieniowej.

Przed rozpaleniem kotła postanowiono sprawdzić, czy i w jakim stopniu występuje zjawisko separacji podziarna. W tym celu na ruszcie rozłożono pasy papieru w odległościach jednowymiarowych i przy stojącym ruszcie włączono podajnik węgla oraz uruchomiono dysze aroose-separacyjne. Po pewnym czasie sprawdzono wizualnie ilości i wielkości ziaren węgla zgromadzonych na rozłożonym papierze. Oględziny (udokumentowane zdjęciami) wykazały, że nastąpiła separacja węgla w zależności od wielkości ziaren węgla i odległości od dysz. Oczywiście najdrobniejsze frakcje węgla znajdowały się na końcu rusztu. Ilości zgromadzonego węgla w poszczególnych pasach odległych od siebie o 1 m podwajały się. Kocioł rozpalał się w taki sam sposób jak palenisko tradycyjne z tym, że w momencie kiedy warstwa palącego się węgla znajduje się już ok. 0,5 m od dysz, można włączyć wentylator arooseparacji. Wytwarza się wtedy wir gazów ciągnących ogień dołem w kierunku początku rusztu, a gorą wzdłuż sklepienia zapłonowego w głąb komory paleniskowej, który rozpala węgiel z przodu rusztu.

Obserwując wnętrze komory paleniskowej przez wzierniki można zauważyć spalające się w przestrzeni cząsteczki węgla, ale na niższym poziomie niż w kotłach narzutnikowych. Unoszenie cząsteczek węgla i popiołu jest więc na pewno mniejsze. Warstwa palącego się węgla na ruszcie ma inny charakter. W kotłach z warstwownicą nie jest ona gruba, lecz palący się węgiel, jak już wspomniano wcześniej, ma liczne przedmuchy kawernowe. W palenisku arooseparacyjnym warstwa węgla jest gruba i luźna. Przy mocy 5,3 MW w okolicy pierwszego wlotu wynosiła ok. 40 cm. Wysokość ta utrzymuje się na długości ok. 3/4 rusztu, następnie gwałtownie zmniejsza się na długości ok. 0,5 m. Można zaobserwować zdecydowany próg. Kocioł z paleniskiem arooseparacyjnym wykazywał dużą elastyczność i bardzo szybko reagował na zmianę ilości podawanego węgla. W początkowym okresie eksploatacji zaobserwowano bruzdy powstające z opadającego nierównomiernie węgla i popiołu, ale zjawisko to wyeliminowano korygując szczeliny dysz wylotowych gazu podmuchowego.

W tablicy zestawiono niektóre parametry eksploatacyjne kotła przed i po modernizacji. Przed modernizacją, spalając ten sam węgiel, kocioł nie uzyskiwał mocy większej niż 4 MW, podczas gdy po modernizacji osiągnął 5,35 MW, co oznacza przyrost mocy o 33%.

Dalszy przyrost mocy został ograniczony grubością warstwy spalonego węgla na ruszcie, która nie mieściła się między tylnym sklepieniem

a rusztem. Prawie o połowę zmniejszyła się ilość części palnych w żużlu, z 32% do 17%. Zmniejszył się również współczynnik nadmiaru powietrza z 2,2 do 1,6.

Dalsze obniżenie części palnych w żużlu możliwe będzie jednak dopiero po dokonaniu modernizacji rusztu w kierunku jego uszczelnienia, ponieważ nie było możliwości skierowania odpowiedniej ilości powietrza do wybranych stref. Oczekuje się dalszego zmniejszenia współczynnika nadmiaru powietrza i tym samym zmniejszenia straty wylotowej. Z zamieszczonych w tablicy wyników parametrów wynika, że po modernizacji kocioł ma sprawność ok. 75-76%, podczas gdy przed modernizacją wynosiła ona 56-61%.

Podsumowanie

1. Palenisko z aeroseparacją podziarna przyczynia się w znacznym stopniu do wzrostu sprawności energetycznej kotła oraz mocy cieplnej. W omawianym przypadku, w którym konieczna jest wymiana części ciśnieniowej kotła i znacznie zanieczyszczonych powierzchni ogrzewanych sprawność wzrosła z 58-62% do 75-76%, a maksymalna moc cieplna z 4 do 5,3 MW. Przez optymalizację kąta ustawienia dysz i prędkości wypływu gazów oraz poprawę czystości powierzchni wymiany ciepła w kotle, można spodziewać się dalszego wzrostu sprawności i mocy.

2. Sprawdziły się założenia dotyczące separacji węgla ze względu na wielkość jego ziaren. Przepływ powietrza przez warstwę jest równomierny. Zjawisko miejscowych przedmuchów nie występuje.

3. W ramach modernizacji należy również wprowadzić zmiany w konstrukcji rusztu w celu uzyskania jego większej szczelności i zapewnienia większej możliwości regulacji powietrza podmuchowego w poszczególnych strefach. Pozwoli to na obniżenie części palnych w żużlu. Takie zmiany konstrukcyjne zostały już przez Przedsiębiorstwo „SOLVE” opracowane. Układ regulacji ilości powietrza pozostał bez zmian, nie ma on wystarczających właściwości regulacyjnych. Żużel

TABLICA. Parametry kotła WLM 5-1 przy maksymalnej mocy trwałej

Wielkość	Kocioł przed modernizacją		Kocioł po modernizacji	
	T _{spalin} , °C	242	226	201
CO ₂ , %	8,5	8,8	13	11,8
CO, ppm	2500	2500	700	700
λ	2,23	2,14	1,46	1,61
Q, MW	4,07	3,72	5,29	5,34
η, %	56	62	76	75
Części palne w żużlu, %	32	32	7	17

wypadający z kotła ma inną, rozsypaną się strukturę. W badanym kotle zawartość części palnych w żużlu wynosiła 17%, a przed modernizacją średnio 32%.

4. Warstwa węgla na ruszcie jest bardziej spulchniona i grubsza niż w palenisku tradycyjnym. Paląca się warstwa węgla ma wyraźny „próg”, gdzie grubość gwałtownie ulega zmniejszeniu. Aby uzyskać większą od znamionowej moc cieplną konieczne jest podniesienie jego tylnego sklepienia.

5. Dzięki zastosowaniu odpylania wstępnego nie zaobserwowano zwiększonego unoszenia cząstek stałych i ciemnego dymu z komina.

6. W praktyce dobrze zdały egzamin przetwornice częstotliwości, współpracujące z napędami: dozownika, wentylatorów ciągu, aeroseparacji i podmuchu.

LITERATURA

- [1] *Mankowski St. im.*: Modernizacje źródeł ciepła. „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja” 1992, nr 4.
 [2] *Mankowski St.*: Modernizacje źródeł ciepła. Krajowa konferencja Międzyzdroje, wrzesień 1991 r.
 [3] *Turschmid R.*: Kottownie i elektrociepłownie przemysłowe. Arkady, Warszawa 1988 r. [4] *Wróblewski T., Peplowski A., Górecki M.*: Urządzenia kotłowe. PWT. Warszawa 1960 r.