

Żerdziny 11.09.2019r.

mgr inż. Andrzej Zuber, Prezes Zarządu EKOZUB. Sp. z o.o.
inż. Adam Niemaszek Węglukoks Energia ZCP Sp. z o.o. Ruda Śląska,
Kierownik Zakładu Południe

"Doświadczenia w eksploatacji kotłów rusztowych z zabudowanym systemem czyszczenia powierzchni konwekcyjnych od strony spalin, opartym o generatory fal uderzeniowych GFU-24/8"

Streszczenie.

W artykule opisano doświadczenia eksploatacyjne kotła WR-25 na obmurzu ciężkim z zabudowanym systemem oczyszczania powierzchni konwekcyjnych opartym o generatory fal uderzeniowych GFU-24/8. Kocioł WR-25 zabudowany jest w Węglukoks Energia ZCP Sp. z o.o. w Ciepłowni Bielszowice w Rudzie Śląskiej. System oczyszczania pęczków konwekcyjnych oparty o generatory fal uderzeniowych został zabudowany w 2017r. Dzięki działaniu systemu oczyszczania nie było konieczności odstawienia kotła do ręcznego czyszczenia w czasie całego sezonu grzewczego. Przed zabudową systemu oczyszczania średnio odstawiano kocioł do ręcznego czyszczenia już po 1,5 miesiąca od uruchomienia. W artykule również opisano wpływ efektywności systemu oczyszczania powierzchni konwekcyjnych kotła na poziom emisji tlenków azotu.

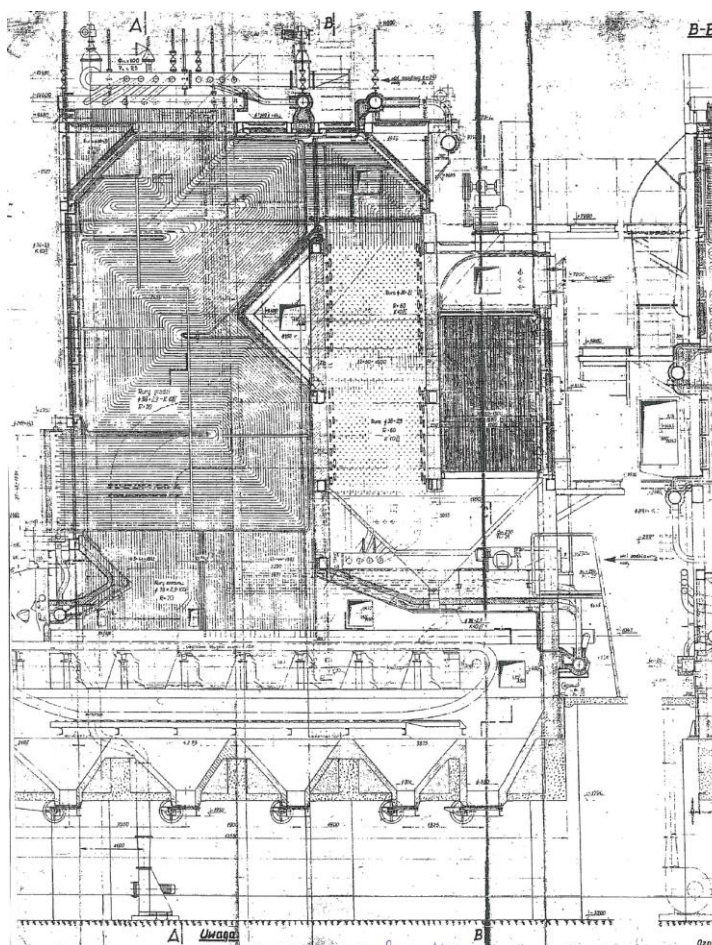
W Ciepłowni Bielszowice zabudowane są dwa kotły rusztowe opalane miałem węglowym. Kocioł WR-25 na obmurzu ciężkim pokrywa zapotrzebowanie w ciepło w okresie sezonu grzewczego. Drugi kocioł WR-8 w technologii ścian szczelnych służy głównie w okresie letnim do produkcji ciepłej wody użytkowej. Dodatkowo w kotle WR-8 można spalać gaz z odmetanowania kopalni.

1. Opis kotła WR-25 na obmurzu ciężkim.

Podstawowym zadaniem kotła WR-25 jest wytwarzanie gorącej wody do celów technologicznych i grzewczych. Standardowy kocioł WR-25 jest kotłem wodnym wodnorurowym o wymuszonej cyrkulacji, który składa się z trzech podstawowych elementów:

- komory paleniskowej z zabudowanym warstwowym rusztem mechanicznym,
- pęczków konwekcyjnych w II ciągu przedzielonych obmurzem,
- dodatkowego podgrzewacza wody w III ciągu.

Kocioł opalany jest miałem węglowym o wartości opałowej od 21 000 kJ/kg do 23 000 kJ/kg. Paliwo spalane jest na typowym ruszcie taśmowym. Zasilanie kotła paliwem odbywa się poprzez urządzenia dozujące (warstwownice) zabudowane w koszach węglowych rusztu. Ilość podawanego paliwa do kotła regulowana jest prędkością posuwu rusztu i wysokością warstwy. W kotle wykonano modernizację polegającą na wymianie rurowego podgrzewacza powietrza na podgrzewacz wody włączony w obieg wodny kotła.



Rys. 1. Kocioł WR-25 na obmurzu ciężkim.

2. Opis instalacji czyszczenia.

2.1 Generator fal uderzeniowych GFU-24/8 – przeznaczenie i zasada działania.

Generatory fal uderzeniowych GFU-24/8 przeznaczone są do gromadzenia energii sprężonego powietrza, która wykorzystywana jest do wytworzenia fali uderzeniowej. W wyniku rozprężenia powietrza wyzwalana jest fala uderzeniowa, która służy do oczyszczania powierzchni konwekcyjnych kotłów od nietrwałych, słabo związanych osadów popiołowych, rurociągów, systemów wentylacyjnych, wymienników ciepła i innych urządzeń. Fala uderzeniowa wykorzystywana jest również do eliminacji zawieszania się materiałów sypkich w zasobnikach i bunkrach. Znaczny wzrost efektywności oczyszczania osiąga się poprzez równoczesne zadziałanie grupy generatorów. Dzięki wykorzystaniu powietrza jako czynnika roboczego system ten staje się całkowicie bezpieczny dla kotła i obsługującego personelu. Podstawową zaletą instalacji jest niski koszt eksploatacyjny. Zużycie sprężonego powietrza jest minimalne. Nie istnieje problem zużycia się elementów w wysokich temperaturach. Instalacja w zależności od wydajności istniejącej sprężarki jest gotowa do ponownej pracy praktycznie po minucie od zakończenia sekwencji. Generowane fale uderzeniowe nie wpływają na pracę kotła, w tym na podciśnienie oraz charakteryzują się minimalnym wpływem na erozję części ciśnieniowej.

W systemie są wykorzystywane generatory pneumatyczne GFU-24/8 o objętości roboczej 21 dm³ i maksymalnym ciśnieniu powietrza do 9,5 bar, które służą do akumulowania energii sprężonego powietrza i okresowego wyrzutu impulsowych fal uderzeniowych na oczyszczane powierzchnie. Zbiorniki generatorów wykonane są zgodnie z Dyrektywą Unii Europejskiej i poddane są procedurze oceny zgodności według modułu A, spełniają tym samym wymagania Dyrektywy 2014/68/UE Parlamentu Europejskiego. Z uwagi na niską objętość oraz ciśnienie powietrza nie ma potrzeby rejestracji zbiorników ciśnieniowych w Urzędzie Dozoru Technicznego.



Fot. 1 Generatory fal uderzeniowych GFU-24/8 zabudowane w kotle WR-25 na obmurzu ciężkim w Ciepłowni Bielszowice w Rudzie Śląskiej.

2.2 Zabudowa generatorów fal uderzeniowych GFU-24/8.

Instalacja oczyszczania pęczków konwekcyjnych kotła WR-25 składa się z czternastu sztuk generatorów GFU-24/8. Cztery generatory zabudowane są do czyszczenia górnego pęczka drugiego ciągu kotła za festonem. W przypadku górnego pęczka rurociągi zostały wprowadzone do kotła przez wymurówkę na ścianie tylnej kotła. Do czyszczenia dolnego pęczka drugiego ciągu zastosowano cztery generatory GFU-24/8. Również cztery generatory zabudowano do czyszczenia dodatkowego ekonomizera. Wszystkie generatory ułożono nad dodatkowym podgrzewaczem wody w trzecim ciągu. Generatory zostały tak umieszczone na podeście, że nie ograniczają przejścia do pozostałych urządzeń. Dodatkowo zostały zabudowane dwa generatory do czyszczenia festonu.



Fot. 2 Lokalizacja generatorów fal uderzeniowych na kotle WR-25 na obmurzu ciężkim.

2.3 Instalacja sprężonego powietrza.

Zasada działania generatora fal uderzeniowych GFU-24/8 polega na wykorzystaniu sprężonego powietrza do wytworzenia fali uderzeniowej. W związku z tym wykonano i doprowadzono w rejon umiejscowienia generatorów instalację sprężonego powietrza. Dodatkowo została zabudowana sprężarka śrubowa do zasilania generatorów fal uderzeniowych.



Fot. 3 Sprężarka śrubowa do zasilania instalacji oczyszczania powierzchni grzewczych kotła WR-25.

2.4 Instalacja elektryczna i AKPiA.

W zakresie sterowanie instalacją czyszczenia zabudowano skrzynkę sterowniczą w rejonie umiejscowienia generatorów. Ze skrzynki sterowniczej zostało do każdego elektrozaworu generatora podpięte zasilanie 24V. Sterowanie generatorami jest realizowane w cyklu automatycznym oraz ręcznym dla potrzeb serwisowych.



Fot. 4 System sterowania instalacji oczyszczania powierzchni konwekcyjnych.

3. Przegląd kotła WR-25 po przepracowaniu sezonu grzewczego 2017/2018.

Uruchomienie kotła WR-25 wraz z zabudowaną instalacją oczyszczania opartą o generatory fal uderzeniowych GFU-24/8 nastąpiło na początku listopada 2017r., a jego odstawienie na początku kwietnia 2018r. Przegląd kotła przeprowadzono w dniu 06.04.2018r. w obecności użytkownika. Kocioł WR-25 przepracował ponad pięć miesięcy bez konieczności odstawienia do ręcznego czyszczenia. Pomimo zmiennej wydajności kotła i pracy w niektórych miesiącach na jednej połowie rusztu (moc kotła około 5 MW), część ciśnieniowa była utrzymana w czystości gwarantującej niskie temperatury spalin. Przy mniejszych wydajnościach kotła istniała konieczność wydłużenia przerwy działania instalacji oczyszczania do pół godziny. Użytkownik poprzez regulację częstotliwości działania generatorów był w stanie utrzymać niskie temperatury spalin gwarantujące wysoką sprawność w całym sezonie grzewczym, przy zmiennym obciążeniu kotła. Do zasilania generatorów było wykorzystane powietrze o ciśnieniu do 8 bar. Częstotliwość działania instalacji czyszczenia była uzależniona od temperatury spalin wylotowych. Z uwagi na instalację odpylania spalin opartą o filtry workowe istniała konieczność utrzymania temperatury spalin powyżej 120 °C. W zależności od wydajności kotła temperatura spalin była regulowana za pomocą zmiany częstotliwości działania instalacji czyszczenia. Dzięki zabudowanemu systemowi oczyszczania użytkownik mógł eksploatować kocioł przez cały sezon grzewczy, bez konieczności jego odstawienia do ręcznego czyszczenia.

Po pięciu miesiącach eksploatacji kotła nie obserwowano zwiększenia temperatury spalin w stosunku do temperatury na początku sezonu grzewczego. Stan obmurza kotła po pięciu miesiącach eksploatacji oceniamy jako dobry. Nie zaobserwowano negatywnego działania fali uderzeniowej na obmurze kotła. Komora paleniskowa oraz sklepienie zapłonowe jest w stanie dobrym. Zaobserwowano większy stopień czystości ekranów komory paleniskowej, co może być również spowodowane pośrednim działaniem systemu czyszczenia. Przed uruchomieniem instalacji oczyszczania użytkownik obserwował szybkie zabrudzenie się festonu kotła. Zjawisko zabrudzenia się festonu szczególnie obserwowano przy niskich wydajnościach kotła. Aby utrzymać feston w drożności dodatkowo zostały zabudowane dwa generatory fal uderzeniowych. Dzięki działaniu generatorów utrzymano w drożności feston w stopniu umożliwiającym eksploatację kotła przez cały sezon grzewczy.

3.1 Feston pomiędzy komorą paleniskową a drugim ciągiem.

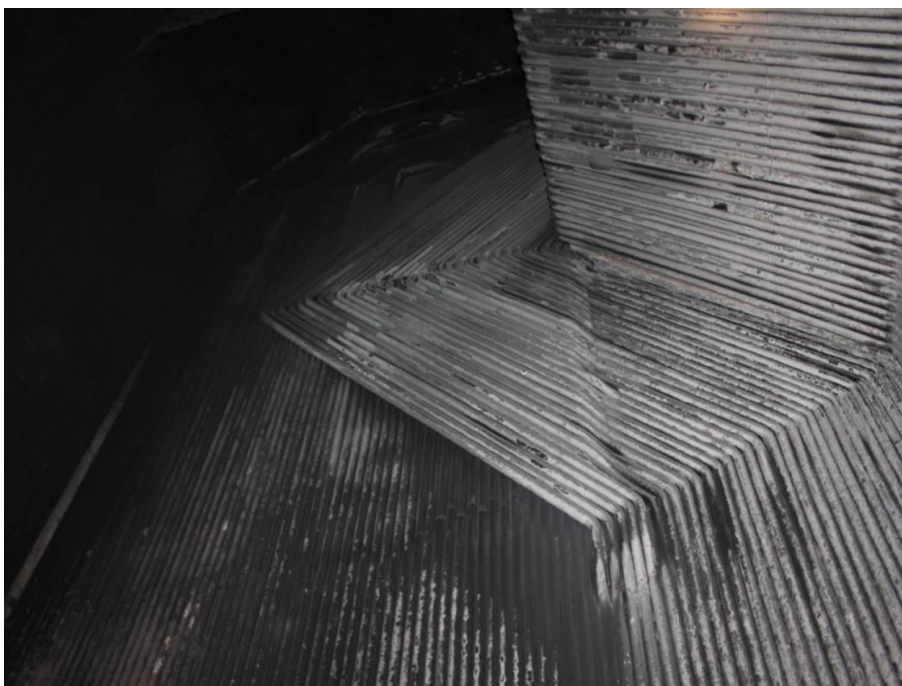
W wyniku działania generatora fal uderzeniowych feston był w 90 % drożny. Nieznaczne zabrudzenie rur (nie objęte działaniem generatora) nie miało wpływu na parametry pracy kotła WR-25. Przed rewizją kocioł pracował na jednej połowce rusztu z wydajnością nie przekraczającą 5 MW. Pomimo tak małego przepływu spalin feston był utrzymywany w drożności. Nie istniała konieczność ręcznego przedmuchiwanie festonu w czasie pracy kotła. Druga połowa festonu była całkowicie drożna. Nie zaobserwowano żadnych osadów zalegających na rurach oraz uszkodzeń części ciśnieniowej, ani obmurza. W przypadku pracy kotła na niskich wydajnościach istnieje konieczność zabudowy systemu czyszczenia do utrzymywania w drożności rur festony. Dzięki działaniu generatorów stabilizuje się pracę kotła oraz zapewnia równomierny przepływ spalin w całym przekroju i objętości drugiego ciągu. We wcześniejszych latach (bez zabudowane systemu czyszczenia) obserwowano znaczne zabrudzenie festonu oraz wszystkich powierzchni wymiany ciepła już po miesiącu od uruchomienia kotła. Średnio kocioł z uwagi na wysokie temperatury spalin był wyłączany do ręcznego czyszczenia raz na miesiąc. Po zabudowaniu i uruchomieniu systemu czyszczenia opartego o generatory fal uderzeniowych kocioł przepracował pięć miesięcy z niskimi temperaturami spalin oraz wysoką sprawnością. Istniała możliwość dalszej pracy kotła. Wyłączenie kotła było podyktowane zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło i uruchomieniem drugiego kotła o mniejszej mocy.



Fot. 5 Rury festonu kotła z niewielką ilością osadów.

3.2 Ekrany komory paleniskowej.

Ekrany komory paleniskowej po pięciu miesiącach eksploatacji wykazywały nieznaczne zabrudzenie osadami popiołowymi. Z opinii użytkownika ekrany komory paleniskowej były w o wiele mniejszym stopniu zabrudzone osadami, niż w poprzednich latach. Ma to istotny wpływ na odbiór ciepła w komorze paleniskowej i niskie temperatury spalin w obrębie festonu.



Fot. 6 Ekran boczny komory paleniskowej.

3.3 Pęczek konwekcyjny w drugim i trzecim ciągu.

Na rurach pęczków konwekcyjnych w drugim i trzecim ciągu zaobserwowano nieznaczne ilości osadów syplikich. Przed odstawieniem kocioł pracował na niskich wydajnościach (na jednej połówce rusztu). Aby uzyskać temperaturę spalin na poziomie 120 °C na wylocie z kotła istniała konieczność zmniejszenia skuteczności działania systemu czyszczenia i lekkiego zabrudzenia powierzchni wymiany ciepła. W okresie pięciu miesięcy eksploatacji kotła użytkownik regulował temperaturę spalin poprzez częstotliwość działania systemu czyszczenia. Stabilna praca kotła na niskich temperaturach spalin powodowała osiągnięcie wysokiej sprawności kotła przez cały sezon grzewczy.



Fot. 7. Rury pęczka podgrzewacza wody w drugim ciągu.



Fot. 8 Rury pęczka podgrzewacza wody w trzecim ciągu.

4. Wnioski z przeprowadzonego przeglądu kotła WR-25 – sezon grzewczy 2017/2018.

Po zabudowaniu i uruchomieniu systemu oczyszczania opartego o generatory fal uderzeniowych nie zaobserwowano wzrostu temperatury spalin. System czyszczenia działał bezawaryjnie i z dużą skutecznością. Istniała możliwość regulacji temperatury spalin poprzez ustawienie częstotliwości działania systemu czyszczenia. Przy niskich wydajnościach obserwowano bardzo niskie temperatury spalin, co powodowało konieczność okresowego ograniczenia działania systemu czyszczenia. W przypadku wzrostu temperatury spalin istniała możliwość zwiększenia częstotliwości działania systemu czyszczenia, co powodowało widoczny spadek temperatury spalin. Istnieje konieczność działania dodatkowych dwóch generatorów zabudowanych we włączach do czyszczenia festonu. Przeprowadzona rewizja potwierdziła utrzymanie w drożności festonu, dzięki działającym generatorom. Feston jest bardzo gęsto zabudowany (małe szczeliny pomiędzy rurami) i przy niskich obciążeniach bardzo szybko się zabrudza. W przypadku konieczności zwiększenia mocy kotła przy zabrudzonym festonie obserwuje się bardzo wysokie temperatury spalin oraz duże obciążenie wentylatora wyciągowego. Zjawiska te wynikają ze zwiększonych oporów przepływu spalin i nierównomiernego obciążenia pęczków konwekcyjnych w drugim ciągu. Zabudowane dwa dodatkowe generatory zjawisko zabrudzania się festonu eliminują.

Pozostałe powierzchnie konwekcyjne kotła WR-25 oceniamy jako eksploatacyjnie czyste. Nieznaczne zabrudzenia rur przy niskich wydajnościach kotła są pożądane, aby utrzymać temperaturę spalin powyżej 120 °C. W przypadku zwiększenia skuteczności działania systemu czyszczenia obserwuje się spadek temperatury spalin poniżej 120 °C, co uniemożliwia pracę filtra workowego. Na niektórych rurach zaobserwowano twarde osady z poprzednich lat, które systematycznie są usuwane dzięki działaniu generatorów. Działanie instalacji czyszczenia opartej o generatory fal uderzeniowych nie miało wpływu na stan obmurza kotła. Również nie zaobserwowano wpływu działania instalacji czyszczenia na poszczególne rury pęczków konwekcyjnych kotła.

Podsumowanie.

Zabrudzanie się osadami powierzchni konwekcyjnych kotłów rusztowych od strony spalin jest największym problemem eksploatacyjnym. W większości przypadków powierzchnie konwekcyjne zabrudzone są osadami sypkimi, które łatwo można usunąć. W przypadku utwardzania się osadów w wysokich temperaturach problem utrzymania w czystości powierzchni konwekcyjnych się komplikuje. Na większości ciepłowni wodne kotły rusztowe pracują średnio 1000 godzin. Po tym czasie istnieje konieczność odstawienia kotła do ręcznego czyszczenia. Niezależnie od wydajności kotła temperatura spalin w czasie eksploatacji rośnie. Użytkownicy kotłów najczęściej decydują się odstawić kocioł do ręcznego czyszczenia w przypadku, gdy temperatura spalin wzrośnie powyżej 180 °C. Tak szybkie zabrudzanie się wodnego kotła rusztowego wynika z zmiennej wydajności w czasie doby oraz złej jakości paliwa. Zmienne warunki eksploatacyjne kotłów rusztowych powodują ograniczenia w możliwości zastosowania redukcji tlenków azotu i siarki. Bardzo duży zakres temperatury spalin wylotowych z kotła w granicach od 120 °C do 200 °C wynikający z wydajności kotła oraz zabrudzenia powierzchni wymiany ciepła powoduje problemy w odpowiednim doborze instalacji odazotowania oraz odsiarczania. Należy podkreślić, że temperatura spalin wylotowych zmienia się w czasie doby. Dodatkowo zmiany temperatury spalin następują się w ciągu miesiąca.

Zabudowa efektywnego systemu oczyszczania powierzchni konwekcyjnych oparta o generatory fal uderzeniowych umożliwia utrzymanie optymalnych temperatur spalin w szerokim zakresie wydajności kotła oraz w całym sezonie grzewczym. Istnieje dodatkowa możliwość regulacji temperatury spalin poprzez zabrudzenie powierzchni wymiany ciepła od strony spalin. Utrzymanie w czystości i drożności powierzchni grzewczych pozwala na stabilizację procesu spalania oraz stworzenie optymalnych warunków redukcji tlenków azotu i siarki. Efektywność systemu oczyszczania oparta na generatorach fal uderzeniowych została potwierdzona na wielu obiektach. Po zabudowie generatorów fal uderzeniowych zaobserwowano znaczny wzrost sprawności kotłów i obniżenie temperatury spalin wylotowych. Również nie było konieczności odstawienia kotła do ręcznego czyszczenia. Na ciepłowni w Bielszowicach system oczyszczania kotła WR-25 na obmurzu ciężkim pracuje już drugi sezon. Nie zaobserwowano negatywnego wpływu fali uderzeniowej na obmurze kotła. Obsługa i serwis generatorów jest bardzo prosta. Instalacja oczyszczania pracuje bezawaryjnie i z dużą skutecznością przez wiele miesięcy. W przypadku zabudowy instalacji redukcji tlenków azotu oraz tlenków siarki obowiązkowo musi być przeprowadzona analiza stanu technicznego kotła oraz konieczność zabudowy efektywnego systemu czyszczenia.

PREZES ZARZADU

mgr inż. Andrzej Zuber