ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: ENERGETYKA z. 125 Nr kol. 1280

Jan KRZTOŃ, Witold BORECKI
AHLSTROM–FAKOP LTD., Sosnowiec

KOTŁY PRZYJAZNE DLA ŚRODOWISKA. NAJWIĘKSZY KOCIOŁ W ROZWIĄZANIU KLASYCZNYM. NOWA TECHNIKA W KOTLE TYPU COMPACT

Streszczenie. Referat w pierwszej części prezentuje największy kocioł w klasycznym rozwiązaniu cyrkulacyjnego paleniska fluidalnego dla El. Turów. Przedstawiono uzasadnienie zastosowanej techniki, budowę kotła i podstawowe dane techniczne. W drugiej części przedstawiono koncepcję i realizację w pierwszych kotłach cyrkulacyjnego paleniska fluidalnego typu Compact. Prezentowane są wyniki pomiarów na pierwszej jednostce oraz dane techniczne kilku następnych. W konkluzji przedstawiono wizję stanu w sztuce kotłowej na najbliższą przyszłość.

ENVIRONMENT FRIENDLY BOILERS. THE BIGGEST BOILER OF A CLASSICAL DESIGN. THE NEW TECHNIQUE IN COMPACT TYPE BOILER

Summary. The first part of a report describes the biggest circulating fluidised bed boiler that will be made for Turów Power Station. The substantiation of used technique is shown as well as its construction and some main technical data. In the second part of the report the conception and realization of the CFB technology in first boiler units of a Compact type. Some measurement data on the first unit and technical data fo some next units are shown. At the end of the report some conclusions about future technology are drawn.

ÜBER DIE KESSEL, DIE FREUNDLICHE EIGENSCHAFTEN FÜR UMWELT HABEN. DER GRÖßTE KESSEL IN MUSTERGÜLTIGER AUSFÜRUNG. NEUE TECHNIK – COMPACT TYP

Zusammenfassung. Der Bericht in erster Teil stellt den größten Kessel mit mustergültiger Ausfürung der Wirbelschichtfeuerung vor. Er ist für Kraftwerk Turów vorgesehen. Es ist Beweisfürung der angewendete Technik, Kesselbau und grundgelegende technische Daten

vorgestellt. Zweite Teil fasst Entwurt und Verwirklichung Wirbelschichtfeuerung mit Umlaufbett Compact – Typ in ersten Kesseleinheiten um. Die Testergebnisse vom ersten Kessel und technische Daten zur nächsten Einheiten sind auch vorgestellt. In Schlußfolgerung es ist nächstfolgende Zukunftsbild zu der Kesselkunst dargestellt.

1. WPROWADZENIE

Głównym celem polityki elektroenergetycznej w kraju jest zapewnienie ciągłego i bezpiecznego zasilania „czystą" i konkurencyjną cenowo energią elektryczną i doprowadzenie do zaspokojenia obecnych i przyszłych potrzeb odbiorców. Podejmowane inwestycje powinny charakteryzować się najniższymi kosztami, prowadzić do zaspokojenia przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną, spełnić wymagania ochrony środowiska przy uwzględnieniu uwarunkowań technicznych.

Wszystkie te warunki spełniają oferty kotłów wg techniki CFB (Circulating Fluidized Bed) i Compact składane krajowym inwestorom przez AHLSTROM.

Poniżej przedstawiono dwa przykłady stosowania przez AHLSTROM nowej techniki spalania węgla.

2. NAJWIĘKSZY KOCIOŁ Z PALENISKIEM FLUIDALNYM CFB W ROZWIĄZANIU KLASYCZNYM DLA EL. TURÓW

Dla El. Turów został zaoferowany kocioł z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym typu CFB o wydajności 670 t/h. Konstrukcja kotła jest wynikiem wieloletnich doświadczeń i prac firmy AHLSTROM nad wdrażaniem i rozwojem techniki spalania węgla w paleniskach z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym (CFB). Do chwili obecnej w świecie jest eksploatowanych lub znajduje się w budowie powyżej 120 kotłów typu CFB dostarczonych przez zakłady korporacji AHLSTROM.

Największy z dotąd eksploatowanych kotłów typu CFB został zbudowany w Nowej Szkocji (rys. 1) i charakteryzuje się parametrami podanymi w tablicy 1.

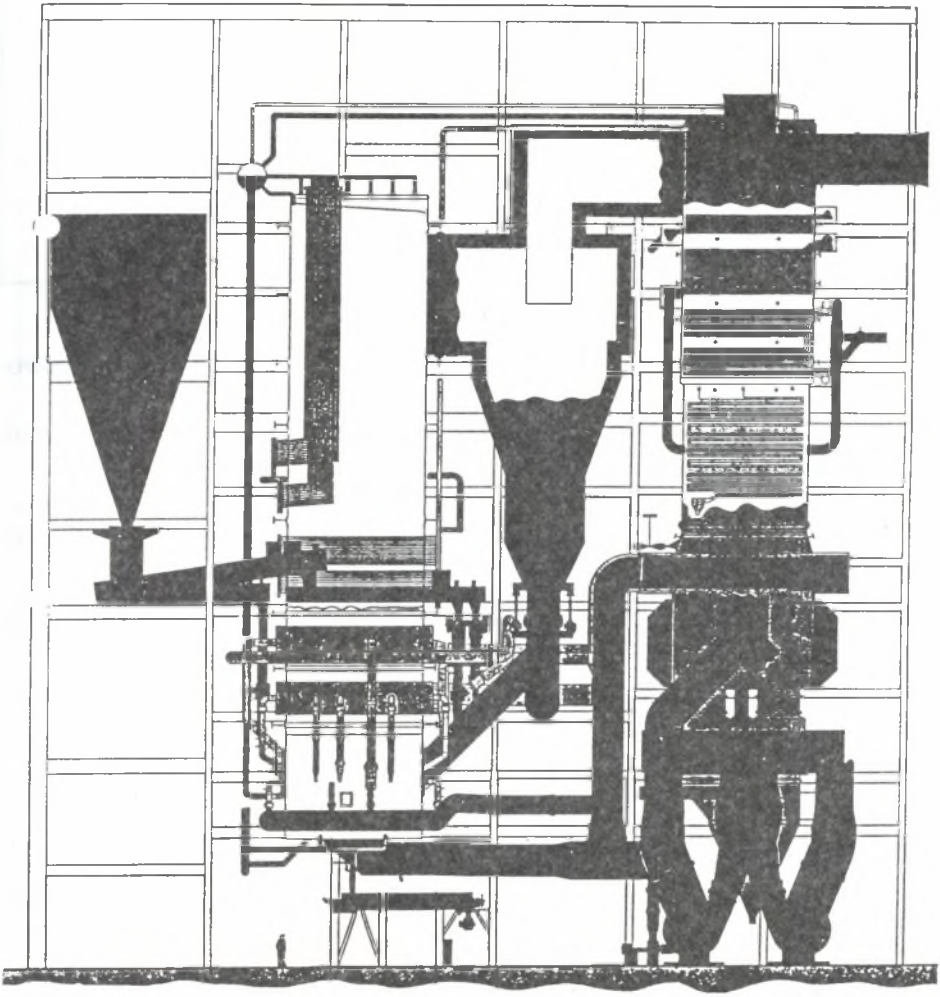
Kocioł eksploatowany jest od r. 1993 i wyniki jego pracy są w pełni zadowalające.

Poniżej przedstawiona jest ogólna charakterystyka kotła dla El. Turów, natomiast sylwetkę kotła pokazano na rys. 2.

2.1. Przewaga kotłów CFB nad kotłami pyłowymi

– Kotły CFB zostaną zbudowane w przestrzeni po zdemontowaniu istniejących kotłów pyłowych oraz z wykorzystaniem istniejących fundamentów,

- sprawdzona technologia CFB usprawni pracę El. Turów i zapewni niezawodność eksploatacji,
- technologia CFB zredukuje obsługę i remonty,
- czyste spalanie wg technologii CFB koresponduje z polskimi wymaganiami ochrony środowiska,
- przygotowanie paliwa jest łatwiejsze i tańsze w technologii CFB i wymaga minimalnej obsługi,



Rys. 1. Kocioł CFB w Nowej Szkocji, Kanada

Fig. 1. CFB boiler Nova Scotia, Canada

Tablica 1

Elektrownia Nowa Szkocja, kocioł CFB 410 MW_t

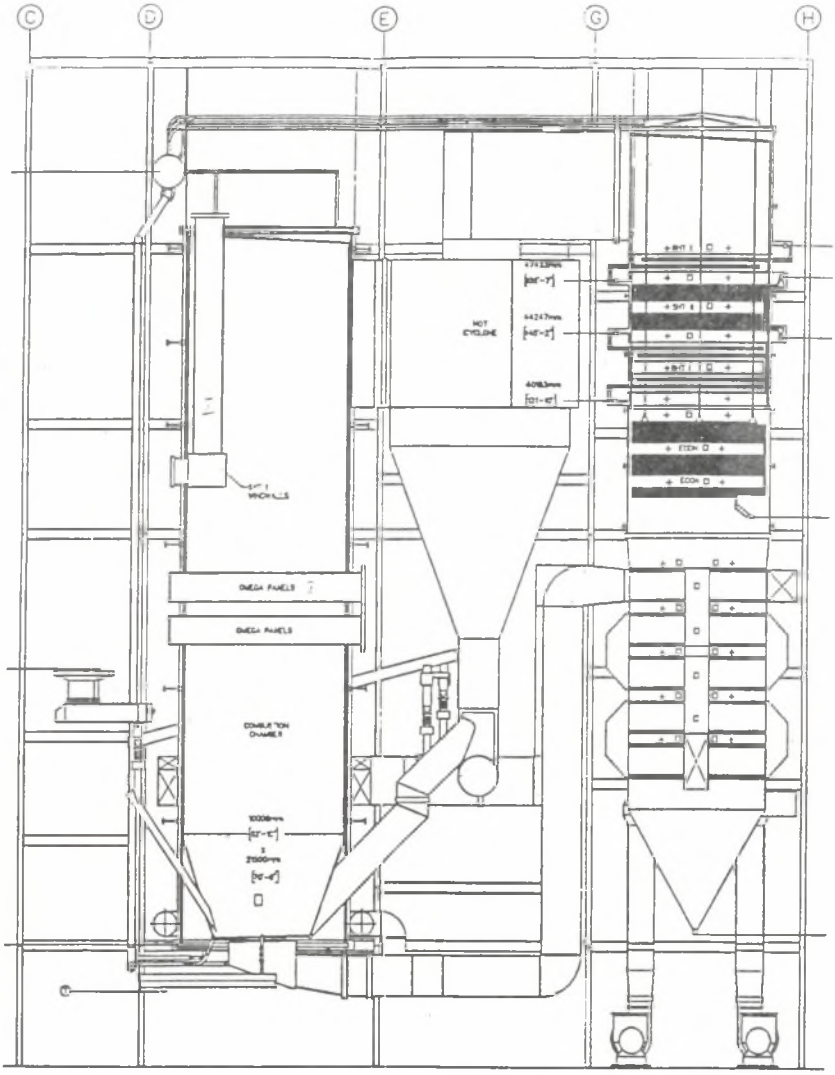
Para i woda		
Przepływ pary	146,5	kg/s
Ciśnienie pary	12,9	MPa
Temperatura pary	540	°C
Temperatura wody zasilającej	240	°C
Wydajność cieplna	410	MW_t
Paliwo		
Zawartość siarki	5,01	%
Zawartość wilgoci	4,23	%
Zawartość popiołu	20,14	%
Emisja		
SO_2	413	mg/MJ
NO_x	172	mg/MJ
Harmonogram realizacji		
Uprawomocnienie kontraktu	październik 1989 r.	
Rozpoczęcie montażu	luty 1991 r.	
Przekazanie do eksploatacji	październik 1993 r.	

- CFB ma znacznie większą elastyczność na właściwości paliwa i nie powoduje szlakowania,
- złoże cyrkulacyjne i niskie temperatury pozwalają na doskonałe wypalenie i użytkowanie paliw odpadowych,
- CFB osiąga bardzo niską emisję SO_2 bez potrzeby zastosowania skruberów,
- niska emisja NO_x właściwa dla cyrkulacyjnego procesu fluidyzacji, nie jest wymagana instalacja katalityczna redukcji NO_x,
- niska temperatura spalania oznacza niski strumień ciepła przejmowanego przez powierzchnie ogrzewalne komory paleniskowej, co chroni ściany membranowe przed przegrzaniem,
- odbudowa mocy elektrowni przez zastosowanie kotłów CFB jest ekonomicznie uzasadniona,
- kotły Pyropower CFB posiadają wysoką dyspozycyjność.

2.2. Spalanie i przepływ spalin

Kocioł systemu Pyroflow składa się z następujących głównych zespołów (rys. 1):
- komora paleniskowa,
- gorący cyklon,
- syfon,
- ciąg konwekcyjny.

W komorze paleniskowej materiał złoża z zawartością węgla ulega fluidyzacji z udziałem powietrza pierwotnego na całej wysokości komory paleniskowej. Ciepło pochodzące od spalania węgla przejmowane jest przez ekrany komory paleniskowej, wykonane w postaci ścian membranowych, ściany grodziowe



Rys. 2. Sylwetka kotła CFB 670 t/h dla Turowa

Fig. 2. CFB boiler 670 t steam/h for Turów

parownika i powierzchnie opromieniowane przegrzewacza. Spaliny zawierające cząsteczki stałe opuszczają komorę paleniskową oknem w jej górnej części i wprowadzane są do gorącego cyklona. Cyklon oddziela cząsteczki stałe od spalin i zawraca je łącznie z niespalonymi cząsteczkami węgla, poprzez syfon, do komory paleniskowej, gdzie mieszane są z dopływającym węglem. Długi czas przebywania tych cząstek w temperaturze spalania i ich ciągła recyrkulacja zapewnia uzyskanie wysokiej sprawności spalania w szerokim zakresie własności paliwa oraz stwarza idealne warunki wymieszania drobnych cząstek kamienia wapiennego z paliwem dla uzyskania wysokiego współczynnika związania SO_2 w popiele.

Reakcje chemiczne w zakresie absorpcji SO_2 przebiegają jak niżej:

$$CaCO_3 \xRightarrow{\text{ciepło}} CaO + CO_2$$

$$CaO + 1/2\, O_2 + SO_2 \Rightarrow CaSO_4$$

Kamień wapienny jest stale podawany z paliwem. Reakcja wiązania SO_2 wymaga niewielkiej nadwyżki kamienia wapiennego. Wielkość tej nadwyżki zależy od ilości siarki w paliwie, temperatury złoża fluidalnego oraz od fizycznej i chemicznej charakterystyki kamienia wapiennego. Najkorzystniejszą temperaturą dla tych reakcji jest 830 – 890°C.

Dolna sekcja komory paleniskowej zawiera chłodzony wodą rozdzielacz powietrza i system odprowadzania materiału złoża.

Do komory paleniskowej dostarczane jest powietrze pierwotne i wtórne. Powietrze pierwotne jest podawane z dolnej skrzyni do rusztu fluidyzacyjnego i zapewnia inicjowanie fluidyzacji. Powietrze wtórne zapewnia uzyskanie wysokiej sprawności spalania i ogranicza wytwarzanie NO_x w procesie spalania paliwa.

Spaliny z zawartością resztek małych cząstek opuszczają cyklon i przepływają przez konwekcyjny ciąg kotła, w którym zabudowane są powierzchnie ogrzewalne przegrzewaczy pary pierwotnej i wtórnej, podgrzewacza wody i podgrzewacza powietrza. Dalej kierowane są kanałami do filtra workowego, gdzie oddzielane są z nich części stałe. Oczyszczone spaliny odprowadzane są wentylatorem wyciągowym do komina.

2.3. Obieg wody i pary

Woda zasilająca doprowadzana jest do podgrzewacza wody, gdzie przejmuje ciepło od spalin w przepływie przeciwprądowym, a następnie kierowana jest do walczaka. Z walczaka woda przepływa rurami opadowymi do dolnych komór parownika. Stąd mieszanka parowo–wodna przepływa rurami wznoszącymi, tworzącymi ściany membranowe komory paleniskowej, do górnych

komór zbiorczych i dalej do walczaka, gdzie następuje odseparowanie wody od pary. Kocioł posiada naturalny obieg wody w parowniku.

Para nasycona z walczaka kierowana jest do ścian rurowych, tworzących ekrany ciągu konwekcyjnego i dalej do komory wlotowej przegrzewacza pary. Przegrzewacz wykonany jest jako wielostopniowy ze schładzaniem pary pomiędzy stopniami. Z komory wylotowej para przegrzana kierowana jest do turbiny.

Przegrzewacz pary wtórnej wykonany jest w postaci pęczków konwekcyjnych.

2.4. Dane techniczne kotła

Wydajność kotła	670	t/h
Ciśnienie pary świeżej	131,7	bar
Temperatura pary świeżej	540	°C
Ilość pary wtórnej	578	t/h
Ciśnienie pary wtórnej	24,5	bar
Temperatura pary wtórnej	540	°C
Paliwo podstawowe	polski węgiel brunatny	
Wartość opałowa	10500	kJ/kg
Zawartość popiołu	22,5	%
Zawartość wilgoci	44	%
Granulacja węgla	0 – 25	mm
Paliwo rozpałkowe	mazut	
Emisje		
NO_x	150	g/GJ
SO_2	140	g/GJ
CO	135	g/GJ
Pył	50	mg/m_n^3

2.5. Dodatkowe informacje

Przewiduje się, że 80% dostaw kotła pochodzić będzie od krajowych dostawców.

Demontaż starych kotłów i montaż nowych przeprowadzone zostaną przez krajowe firmy montażowe.

Kocioł dostarczony zostanie wg przepisów i z odbiorem polskiego Urzędu Dozoru Technicznego.

Doświadczenie firmy Ahlstrom gwarantuje spełnienie wszystkich wymagań Klienta określonych dla odbudowy mocy w Elektrowni Turów, zapewni wysoką dyspozycyjność oraz osiągnięcie założonych parametrów technicznych i ekonomicznych.

3. NOWA TECHNIKA W KOTLE TYPU COMPACT

Kocioł Pyroflow Compact jest modyfikacją dobrze znanego rozwiązania AHLSTROM PYROFLOW wytwornic pary z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym typu CFB, który zapewnia określone korzyści projektowe i sprawia, że kocioł zajmuje mniejszą przestrzeń.

Pierwszy kocioł z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym (CFB) był wprowadzony w późnych latach siedemdziesiątych. Ta technologia została rozwinięta dla spalania nisko jakościowych paliw, które nie mogły być spalane w ogóle lub bez podtrzymującego paliwa w istniejących technologiach konwencjonalnych.

3.1. Pyroflow Compact

W kotle Pyroflow Compact tradycyjny cyklon jest zastąpiony przez nowy rodzaj odśrodkowego separatora (rys. 3). Zamiast normalnej konfiguracji cyklona, ten separator składa się z płaskich ścian, które pozwalają na użycie normalnego membranowego panela,chłodzonego wodą, wykonanego na automatycznej maszynie do spawania. To powoduje, że kwadratowa komora separacyjna ma liczne podobieństwa do tradycyjnego cyklona. Ta komora jest wyposażona w zawirowywacz i posiada zbiorczy lej u dołu, który zbiera cząstki i zawraca do dolnej części komory paleniskowej. Ściany separatora mogą być włączone w system naturalnej cyrkulacji jak w ścianach komory paleniskowej. W rezultacie, kwadratowy separator może być połączony ze ścianami komory paleniskowej bez kompensatorów. Kształt separatora cząstek i możliwość zlokalizowania go bezpośrednio w komorze sprawia, że uzyskuje się znaczne oszczędności w przestrzeni potrzebnej do zabudowy kotła. Ze względu na dużą ilość cząstek przepływającą przez separator, w dalszym ciągu konieczne jest pokrycie ścian chłodzonych wodą, cienką warstwą obmurówki dla ochrony przed erozją. To pozwala na odzyskanie części ciepła, nie utrudnia rozruchu i nie obniża szybkości chłodzenia. Całkowity ciężar jest znacznie zredukowany. Połączenia kompensatorowe między komorą paleniskową a separatorem stają się niepotrzebne. Strata promieniowania separatora jest znacznie zredukowana.

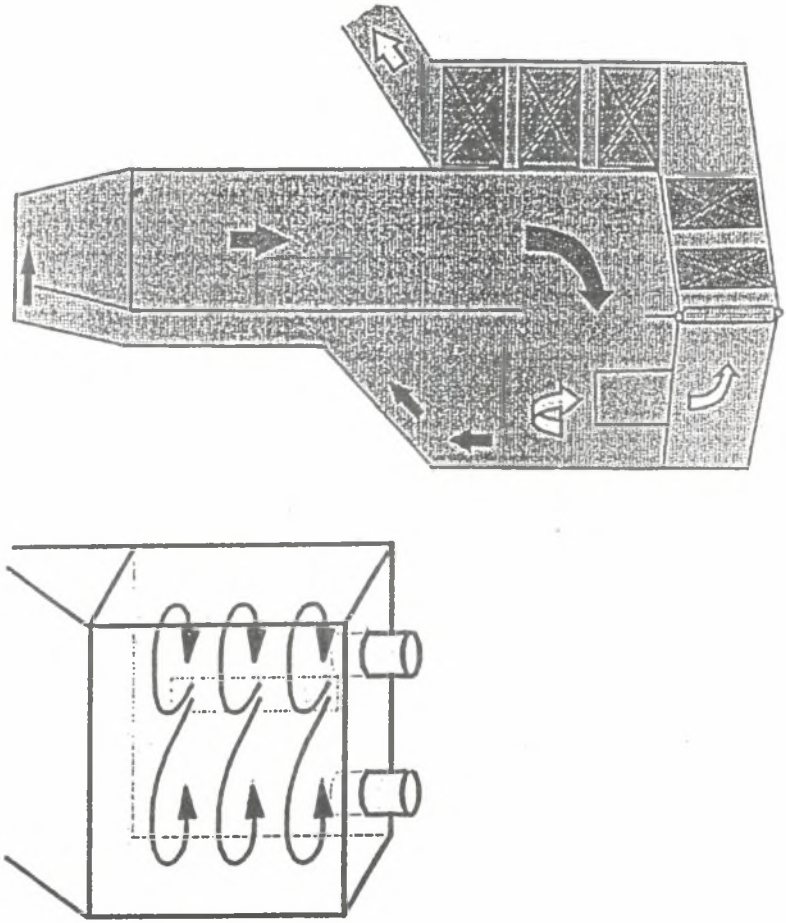
Niektórzy mogą powiedzieć, że to wszystko może być osiągnięte przez wykonanie okrągłego cyklona chłodzonego wodą. To jest prawda, ale należy uwzględnić koszty produkcji i montażu. Płaskie ściany są prostsze do wykonania i zainstalowania. Ogólna kompozycja kotła staje się prostsza i zwarta (Compact). Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne są niższe.

3.2. Realizacja programu komercyjnego

Na przełomie roku 1990 Ahlstrom opracował ofertę na wybudowanie małego obiektu energetycznego dla Kompanii Ciepłowniczej dla ogrzewania miasta

Kuhmo we wschodniej części Centralnej Finlandii. Wydajność tej ciepłowni wynosi 5 MW_e/18 MW_t, a paliwem była biomasa. Jedną z wersji oferowanych przez Ahlstroma było rozwiązanie bazujące na CFB z zastosowaniem poziomego cyklona. Po pomyślnych testach spalania, przy zastosowaniu koncepcji Pyroflow Compact z zabudowanym kwadratowym cyklonem, to rozwiązanie zostało zaoferowane użytkownikowi.

Kontrakt na dostawę kotła został podpisany na wiosnę 1991 r. i obejmował dostawę tej nowej jednostki. Kuhmon Lapo Oy jest pierwszym użytkownikiem



Rys. 3. Przepływ spalin w kotle Compact

Fig. 3. Flow of combustion gases of Compact boiler

systemu CFB drugiej generacji. Obiekt został skompletowany i oddany do ruchu, a przekazanie użytkownikowi zostało dokonane w końcu 1992 r.

3.3. Rezultaty eksploatacyjne kotła w Kuhmo

Uruchomienie kotła z nowym kwadratowym cyklonem przebiegło pomyślnie. Jeden z głównych problemów – sprawność separacji został rozwiązany. Sprawność separacji była porównywalna z wynikami uzyskanymi w kotle z cyklonem cylindrycznym. Wykonany był obszerny program pomiarowy jako część programu badawczego. Poziomy emisji były nadzwyczaj niskie. Sprawność spalania leżała w granicach 99,8 do 100%. Dyspozycyjność obiektu podczas pierwszego miesiąca była powyżej 90%. Pomiary wykazały, że obiekt dobrze spełnił wymagania gwarancyjne, a wyniki ruchowe były prawidłowe w całym zakresie obciążeń. Tablica 2 prezentuje rezultaty ruchowe zebrane podczas testów na początku 1994 r.

Tablica 2

Wyniki pomiarów kotła COMPACT EC Kuhmo

	mg/MJ		
NO_x	56		
N_2O	3		
CO	26		
SO_2	5		
Węglowodory	0		
Cząstki stałe	7		
	Gwarantowana	Rzeczywista	
Sprawność kotła (%)	87,5	89,2	
Przepływ pary (kg/s)	6,3	6,3	
Temperatura pary (°C)	490	490	
NO_x (mg/MJ)	150	56	
Cząstki stałe (mg/MJ)	66	7	
	Obciążenie		
	51%	80%	97%
Temperatura pary (°C)	480	480	480
Temperatura złoża (°C)	855	862	864
Temperatura na wlocie do cyklona (°C)	834	880	864
Różnica ciśnień w złożu (mbar)	42	45	45
Zawartość O_2 w spalinach (%)	2,75	2,51	3,01

Podczas ruchu kotłownia produkowała ok. 80 – 90% potrzebnego ciepła na ogrzewanie miasta Kuhmo oraz trzecią część poprzedniego zużycia energii elektrycznej. Obiekt był opalany podstawowo odpadami drewna, takimi jak pył drzewny i kora z pobliskiego tartaku. Dodatkowe paliwo, zawierające zrębki drewniane, było również dostępne na lokalnym obszarze.

Szczegółowy program badań i testów został rozpoczęty na początku 1994 roku celem wsparcia programu badań w dużej skali kotłów Pyroflow Compact dla jednostek kotłowych większych wielkości.

Drugi kontrakt na jednostkę o mocy 97 MW_t Pyroflow Compact został zawarty w marcu dla elektrociepłowni przemysłowej w Kokkola w Finlandii. Szybki rozwój wielkości kotłów tego typu powinien pozwolić na zaprojektowanie jednostki 150 MW_e jako system Pyroflow Compact, co zaplanowano na 1994 r.

Rozszerzony program będzie się koncentrował na konstrukcji pozwalającej na rozwiązanie wszystkich problemów procesu technologicznego, które jeszcze nie zostały rozwiązane, np. kontrola i regulacja temperatury spalania. Naturalnie program testowy w Kuhmo ułatwia dalszy rozwój konstrukcji separatora cząstek w oparciu o przeprowadzone badania. Największym jednak wyzwaniem będzie zastosowanie tej koncepcji w konstrukcji dużych kotłów. Rozpoczęto prace projektowe mające na celu rozwój tej technologii dla dużych jednostek kotłowych.

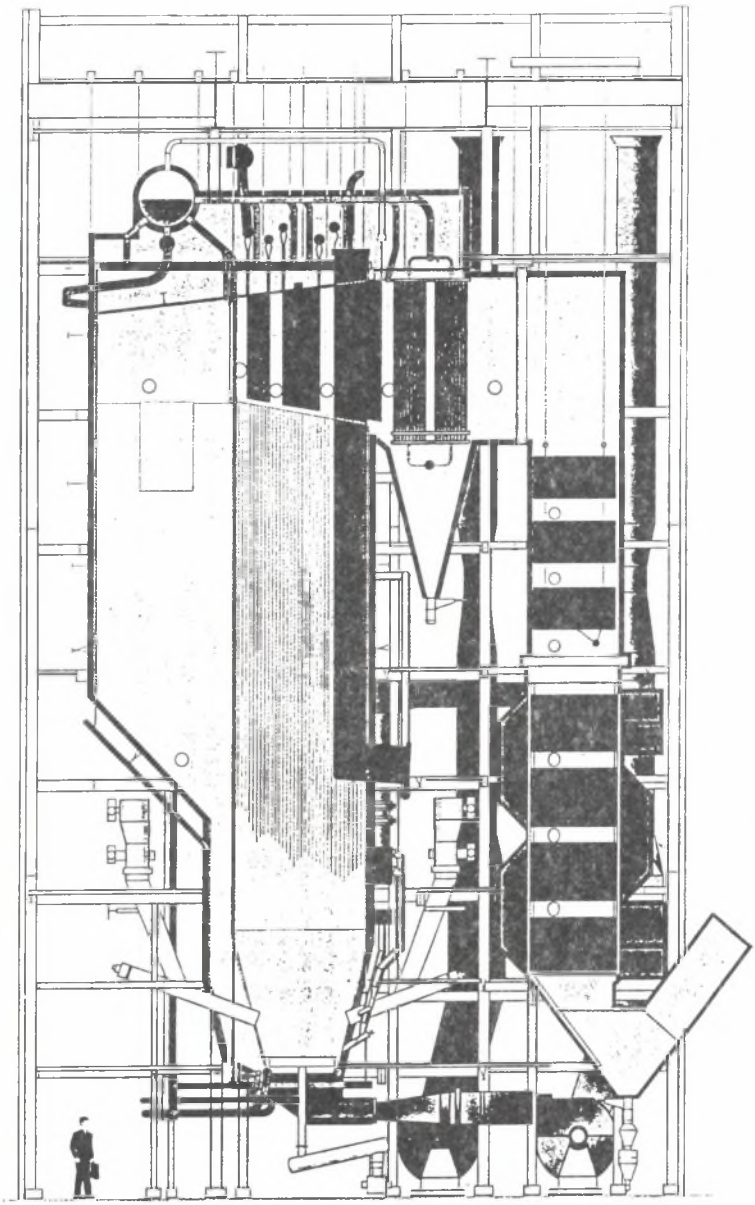
3.4. Kocioł dla Elektrociepłowni Kokkola i dalsze jednostki

IVO International OY w marcu 1993 r. złożyło zamówienie na dostawę jednostki 97 MW_t Pyroflow Compact. Jednostka będzie ok. 5 razy większa od kotła dla Kuhmo i będzie spalać torf jako podstawowe paliwo. Para świeża o ciśnieniu 60 bar i temperaturze 510°C będzie produkowana dla potrzeb ciepłownictwa. Kocioł dla elektrociepłowni przemysłowej we wschodniej części miasta Kokkola w Finlandii został uruchomiony w grudniu 1994 r.

Przeprowadzona następnie akcja ofertowa dała wynik w postaci 3 kontraktów w następnych 15 miesiącach. Podstawowe dane techniczne podane są w skrócie w tablicach 3 – 6.

Wielkość i ilość proponowanych kotłów będzie rozwijała się stopniowo, zgodnie ze zdobywanym zaufaniem i pełnym zrozumieniem wszystkich zalet i możliwości nowej oferty projektowej. Będą proponowane jednostki do 300 MW_t, a w perspektywie kotły aż do wielkości 500 – 600 MW_e. Wzrost jednostek typu Compact przebiega dwa razy szybciej w porównaniu ze wzrostem oryginalnych kotłów Pyroflow. Liczne patenty, zastosowane w technologii Compact, zastrzeżone są w ponad 20 krajach.

Kolejną nowością w pracach inżynierskich jest Compact Heat Exchanger (CHEX) – wymiennik ciepła, usytuowany na nawrocie cząstek zawracanych



Rys. 4. Kocioł Compact 180 t/h w EC Kokkola

Fig. 4. CFB boiler 180 t steam/h Kokkola

z separatora Compact. To jest komplementarny wynalazek do Compact, który staje się oczywistym i naturalnym elementem kotła po alternatywnych rozwiązaniach problemów nawrotu cząstek stałych. Kanał nawrotny wzdłuż boku kotła stwarza odpowiednią przestrzeń w optymalnym środowisku. Wymiennik CHEX jest wymiennikiem ze stałym złożem fluidalnym, który pracuje z bardzo małą prędkością fluidyzacji.

Tablica 3

Elektrociepłownia 4,8 MW_e (12,9 MW_t) dla Kuhmo, Finlandia

ELEKTROCIEPŁOWNIA KUHMO, FINLANDIA		
Moc elektryczna max	4,8 MW_e	
Moc cieplna max	12,9 MW_t	
AHLSTROM PYROFLOW COMPACT CFB–BOILER Dane projektowe		
Wydajność cieplna	18 MW_t	
Przepływ pary	6,3 kg/s	
Ciśnienie pary	81 bar	
Temperatura pary	490°C	
PALIWA	TORF	ODPADY DREWNA
Siarka %	0,2	0
Popiół %	5,6	2
Wilgoć %	55	55
Wartość opałowa MJ/kg	7,7	7,3
GWARANTOWANE EMISJE		
NO_x mg/MJ	150	
Pył mg/MJ	66	
HARMONOGRAM WDROŻENIA		
Kontrakt	maj 1991 r.	
Początek montażu	maj 1992 r.	
Uruchomienie	grudzień 1992 r.	

Dodatkowymi korzyściami z zastosowania wymiennika CHEX są:

- poprawa elastyczności w zakresie rozmieszczenia powierzchni ogrzewalnych,
- wymiennik ze złożem fluidalnym jest 5 razy bardziej efektywny niż wymiennik w kanale spalin,
- wymiennik stanowi element umożliwiający regulację temperatury w komorze paleniskowej dla optymalizacji emisji,
- wymiennik może być wykorzystany dla regulacji temperatury pary swieżej i wtórnie przegrzanej,

Tablica 4

Elektrociepłownia 35 MW_e (65 MW_t) dla Kokkola, Finlandia

ELEKTROCIEPŁOWNIA KOKKOLA, FINLANDIA		
Moc elektryczna max	35 MW_e	
Moc cieplna max	65 MW_t	
AHLSTROM PYROFLOW COMPACT CFB–BOILER Dane projektowe		
Wydajność cieplna	97 MW_t	
Przepływ pary	50 kg/s	
Ciśnienie pary	60 bar	
Temperatura pary	510°C	
PALIWA	TORF	WĘGIEL
Siarka %	0,1	0,73
Popiół %	3,9	12,3
Wilgoć %	50	9,0
Wartość opałowa MJ/kg	8,8	25,7
GWARANTOWANE EMISJE	TORF	WĘGIEL
NO_x mg/MJ	140	140
SO_x mg/MJ	140	140
HARMONOGRAM WDROŻENIA		
Kontrakt	marzec 1993 r.	
Początek montażu	październik 1993 r.	
Uruchomienie	listopad 1994 r.	

– wymiennik stanowi obiecujące rozwiązanie do opanowania problemów korozji wysokotemperaturowej, która uszkadza wężownice w kanałach spalin przy spalaniu paliw z zawartością chlorków. Ostatnie stopnie przegrzegrzewaczy pary świeżej/wtórnej mogą być rozwiązane jako powierzchnie wymiennika CHEX w środowisku wolnym od chlorków, podczas gdy spaliny z chlorkami przepływają w sekcjach w strefie niskich temperatur metalu.

Wymiennik został wynaleziony i przebadany w Laboratorium w Karhula w 1992 r. Liczne detale i rozwiązania funkcjonalne były weryfikowane i optymalizowane. Wymiennik został zastosowany przy modernizacji kotła opalanego węglem. Eksploatacja potwierdziła oczekiwania wynikające z testów laboratoryjnych.

Tablica 5

Elektrociepłownia 4,3 MW_e (11,4 MW_t) dla Lomma, Szwecja

ELEKTROCIEPŁOWNIA LOMMA, SZWECJA		
Moc elektryczna max	4,3 MW_e	
Moc cieplna max	11,4 MW_t	
AHLSTROM PYROFLOW COMPACT CFB–BOILER Dane projektowe		
Wydajność cieplna	16,2 MW_t	
Przepływ pary	5,6 kg/s	
Ciśnienie pary	61 bar	
Temperatura pary	510°C	
PALIWA	ODPADY PAPIERU	ODPADY DREWNA
Siarka %	0,2	0
Popiół %	10	2
Wilgoć %	10	30
Wartość opałowa MJ/kg	19	12,6
GWARANTOWANE EMISJE	ODPADY PAPIERU	ODPADY DREWNA
NO_x mg/MJ	50	80
SO_2 mg/MJ	50	50
CO mg/MJ	90	90
N_2O mg/MJ	35	
HARMONOGRAM WDROŻENIA		
Kontrakt	czerwiec 1994 r.	
Początek montażu	listopad 1994 r.	
Uruchomienie	luty 1996 r.	

5. PODSUMOWANIE

Ahlstrom opracował drugą generację kotłów CFB, Pyroflow Compact, w których stosowane są kwadratowe „cyklony" jako separatory cząstek. Zaletami kotłów drugiej generacji w stosunku do konwencjonalnych kotłów CFB są:

- prostsza, lżejsza i wymagająca mniejszej przestrzeni do zabudowy konstrukcja,
- mniejszy czas rozruchu, spowodowany zredukowaniem mas w systemie kotłowym (tradycyjny cyklon),
- eliminacja połączeń kompesacyjnych pomiędzy komorą paleniskową i separatorem cząstek stałych,
- zredukowanie napraw obmurowania.

Tablica 6

Elektrociepłownia 33 MW_e (60 MW_t) dla ROVANIENI, Finlandia

ELEKTROCIEPŁOWNIA ROVANIENI, FINLANDIA			
Moc elektryczna max		33 MW_e	
Moc cieplna max		60 MW_t	
AHLSTROM PYROFLOW COMPACT CFB–BOILER Dane projektowe			
Wydajność cieplna		95,8 MW_t	
Przepływ pary		38 kg/s	
Ciśnienie pary		115 bar	
Temperatura pary		535°C	
PALIWA	FREZOWANY TORF	DARNINA TORFU	WĘGIEL
Siarka %	0,3	0,3	0,9
Azot %	2	2,0	2,0
Popiół %	10	7,0	13,0
Wilgoć %	53	40,0	10,0
Wartość opałowa MJ/kg	20,8	20,8	28,3
GWARANTOWANE EMISJE			
NO_x mg/MJ	100	100	100
SO_x mg/MJ	266	250	750
Dawka dolomitu mg/MJ	140	140	140
Cząstki (suche) mg/m_n^3	50	50	50
CO mg/MJ	100	100	
HARMONOGRAM WDROŻENIA			
Kontrakt		styczeń 1994 r.	
Początek montażu		sierpień 1994 r.	
Uruchomienie		listopad 1995 r.	

Pierwsza jednostka oparta na tej technologii w Kuhmo w Finlandii jest w ruchu od początku 1993 r. Druga jednostka (97 MW_t) została uruchomiona w listopadzie 1994 r. Prowadzone prace rozwojowe z nową konstrukcją stwarzają podstawę do szybkiego zwiększenia skali jednostek.

Nowa generacja kotłów typu Pyroflow Compact, wykorzystująca wyniki przeprowadzonych badań i zdobyte już doświadczenie, stwarza szanse dla naszych Klientów dla budowy nowych i wymiany starych kotłów z gwarancją spełnienia wszystkich wymagań technicznych, środowiskowych i ekonomicznych.

6. KONKLUZJA PODSTAWOWA DLA KOTŁÓW JUTRA

Nasza wizja stanu w sztuce kotłowej na najbliższą przyszłość definitywnie leży w kotłach z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym. Kotły te zapewniają niską emisję i dużą elastyczność przy użytkowaniu różnych paliw. Dla zmniejszenia kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych kotły będą wyposażone w separatory Compact i wymienniki ciepła CHEX.

LITERATURA

[1] Timo Kauranen – Compact Design – Second Generation Ahlstrom Boilers Power System presented at the Boiler Days Varkaus Finland June 11–12, 1992.
[2] Timo Hyppanen – Pyroflow Compact a Second Generation CFB Boiler presented at Power–Gen Europe '93 Paris, France. May 25–27, 1993.
[3] Timo Kauranen – Pyroflow Compact Update presented at the Ahlstrom Technical Seminar Cologne, Germany May 16, 1994.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ludwik CWYNAR

Wpłynęło do Redakcji: 12. 02. 1995 r.

Abstract

The first part of a report describes the biggest circulating fluidized bed boiler that will be made for Turów Power Station. The substantiation of used technique is shown as well as its construction and some main technical data.

The second part of a report discussed the background, configuration and commercialisation plans of the PYROFLOW COMPACT a second generation circulating fluidised bed boiler by Ahlstrom.

The maturing technology and acceptance of the CFB Technology by boiler customers were presented.

The development of the new concept was tested in Ahlstrom Pyropowers Karhula, Finland, Research Center to determine the separation performance and the emision characteristics.

The Pyroflow Compact concept was described emphasizing the square separators made with water cooled wall.

The first commercial unit for a Kuhmo district heating purposes capacity 5 MW_e/18 MW_t turned over at the end of 1992. Enclosed tables give the operating results of the measurements tests at the Kuhmo unit.

Realization of the commercial plans for the next units was presented and the technical datas was given in the enclosed tables.

Summary, the paper presents the vision of the state of the art boiler – the ultimate boiler of tomorrow.