

Praktyczne aspekty spalania biomasy w kotłach rusztowych. Doświadczenia eksploatacyjne na przykładzie współspalania biomasy w kotle WR-10 w Ciepłowni DPM w Koszalinie

Urszula Miller

Miejska Energetyka Ciepła Sp. z o.o., Koszalin

1. Wstęp

Stosowanie biomasy do produkcji energii elektrycznej i ciepłej jest ważnym narzędziem do walki ze zmianami klimatycznymi. Umożliwia również zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego. Wśród różnych celów, które postawiła sobie Miejska Energetyka Ciepła w Koszalinie jest również dywersyfikacja paliw.

Korzyści wynikające ze współspalania biomasy są następujące:

- niskie koszty inwestycyjne przystosowania kotła do współspalania biomasy,
- niewielka zmiana parametrów kotła przy niskim udziale ciepłym biomasy,
- wykorzystanie istniejącej infrastruktury i urządzeń,
- okresowe fluktuacje biomasy mogą być rekompensowane zmianą udziału biomasy do węgla,
- możliwość użycia dużej ilości biomasy pozwalającej na istotną redukcję CO₂.

Wykorzystanie biomasy zawierającej składniki palne w procesie spalania jest znaną i stosowaną technologią. Ze względu na różnorodność surowców zaliczanych do biomasy, zakres jej wykorzystania jest szeroki. Z punktu widzenia kosztów transportu trzeba podkreślić możliwość wykorzystania surowca produkowanego w niewielkiej odległości od miejsca jego spalania [3, 4, 5].

2. Wybór technologii spalania biomasy w MEC Koszalin

Po przeprowadzeniu szeregu analiz oraz po przeprowadzeniu badania rynku biomasy zdecydowano się zastosować na jednym kotle WR-10 współspalanie biomasy [1].

Zastosowano technologię równoległego podawania biomasy i miazłu węglowego do kotła przy pomocy dwóch dozowników kaskadowego zasilania paliwem (oddzielnego dla miazłu węglowego i biomasy).

Stosowanie współspalania polegającego na dozowaniu mieszanki miazłu węglowego i zrębków, gdzie zrębki stanowią więcej niż 20-25% udziału objętościowego stosunku do miazłu, prowadzi do powstawania na ruszcie tzw. zjawiska „kraterowego” spalania polegającego na szybszym wypalaniu obszarów, gdzie znajdują się zrębki. Prowadzi to do przeciążeń cieplnych tych obszarów rusztu oraz powoduje wzrost tlenu w komorze, co zakłóca proces spalania.

Technologia, którą zastosowano, proponowana przez Zakład Urządzeń Kotłowych Stąporków polega na dozowaniu na ruszt dwóch paliw oddzielnie [2].

Idea modernizacji opiera się na następujących zasadach:

- w systemie nawęglania pozostaje dotychczasowy układ przenośników wykorzystywanych do transportu miazłu i biomasy,
- przystosowania wymaga zrzutnia pługowa i zasobnik paliwa podzielony na dwa paliwa,
- zastosowanie kosza dwubębnowego z systemem „kaskadowym” do dozowania dwóch paliw oddzielnie na palenisko bez konieczności ich wcześniejszego mieszania,
- palenisko podlega modernizacji w części przedniej,
- kocioł i pozostałe instalacje nie podlegają modernizacji [2].

Przyczyny techniczne ograniczające współspalanie węgla z biomasą w kotłach rusztowych:

- brak standardowych układów dozowania biomasy na ruszt,
- brak wiedzy nt. zachowania się biomasy w procesie spalania,
- zagrożenie tworzenia się osadów popiołów na powierzchniach ogrzewalnych i korozji wysokotemperaturowej wynikającej z zawartości chloru i potasu w biomasie.

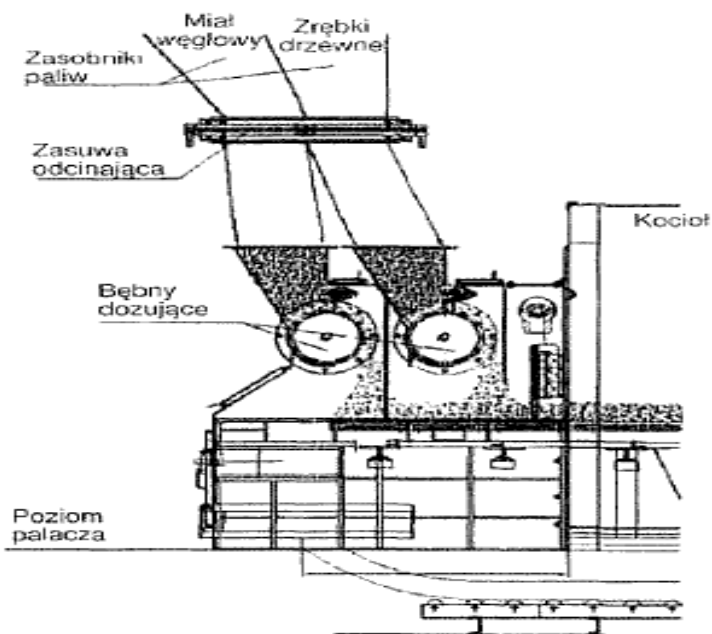
Problemy te wynikają przede wszystkim z jej własności fizykochemicznych, takich jak:

- szeroki przedział wilgotności (od kilku do 60%) powodujący trudności ze stabilizacją procesu spalania,
- obecność metali alkalicznych w popiele,

- trudności w magazynowaniu i dystrybucji biomasy do paleniska,
- trudności w dozowaniu do paleniska niekorzystnie wpływające na przebieg i stabilność procesu spalania,
- duża niejednorodność składu chemicznego,
- wysoka zawartość części lotnych, powodująca szybki i trudny do kontroli przebieg spalania.

Kocioł WR-10 na ciepłowni DPM w Koszalinie został przystosowany do współspalania biomasy w IV kwartale 2007 roku.

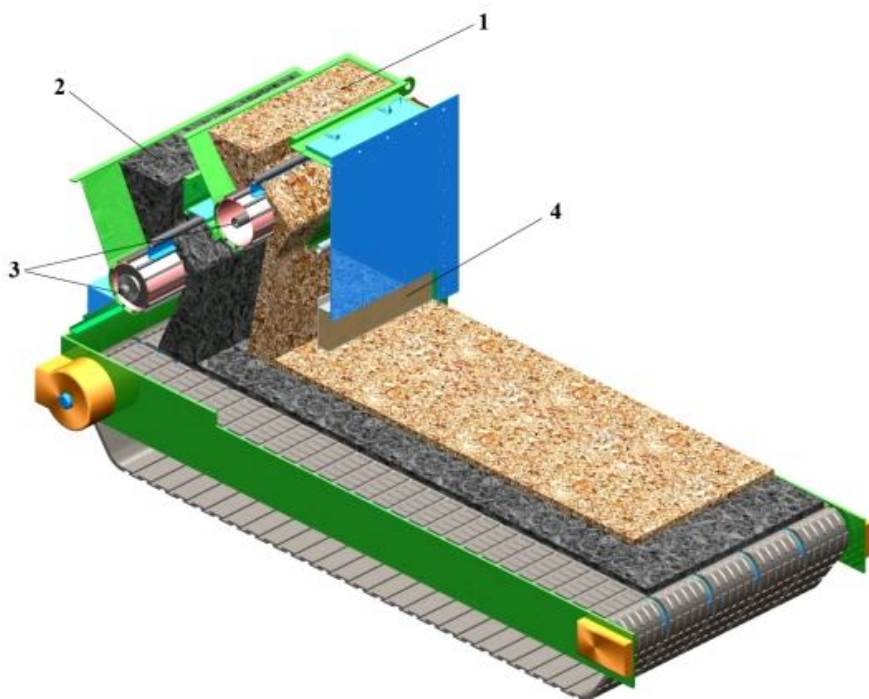
Biomasa dostarczana jest transportem kołowym i składowana na wydzielonej części placu składowego opału w pobliżu kraty zasypowej. Do transportu biomasy do zasobnika kotła wykorzystuje się ten sam taśmociąg, którym dostarczany jest miał węgla kamiennego. Zasobnik kotła został powiększony i podzielony na dwie części. Do jednej części dostarczana jest biomasa do drugiej miał węgla kamiennego. Zastosowano kosz węglowy dwubębnowy (rys. 1). Umożliwia on podawanie oddzielnie obu paliw z możliwością ustawienia grubości warstwy każdego z paliw.



Rys. 1. Schemat dwubębnowego kosza zasypowego [2]

Fig. 1. The scheme of two-barrel dumping hopper [2]

Wybrany do współspalania kocioł jest kotłem pracującym w automatyce. Na napędach wentylatorów wyciągu spalin i podmuchu zamontowane są przetwornice częstotliwości. Kocioł wyposażony jest w analizator tlenu. Posiada zmodernizowaną instalację podawania powietrza podmuchowego z siedmiostrefowym rozdziałem powietrza. Powietrze podawane jest równomiernie na całej powierzchni rusztu, równocześnie z regulacją jego ilości. Wentylator wyciągu spalin sterowany jest wielkością podciśnienia w komorze spalania, a wentylator podmuchu sterowany jest w zależności od ilości tlenu w wyprowadzanych spalinach. Bębny dozujące paliwa zaopatrzone są w napędy elektryczne.



Rys. 2. Schemat paleniska – kaskadowe podawanie paliw [2]; 1 – zrębki drewna, 2 – miał węglowy, 3 – bębny dozujące, 4 – osłona termiczna

Fig. 2. The scheme of boiler furnace – cascade feeding of fuel [2]; 1 – wood chips, 2 – fine coal, 3 – feeding barrels, 4 – thermal shield

W ramach prowadzonych badań wykonano:

- a) opracowanie technologii współspalania w kotłach rusztowych biomasy i odpadów z miałem węglowym na kotłach rusztowych,

- b) określono najbardziej korzystny pod względem efektywności energetycznej udział biomasy oraz rodzaju biomasy w mieszaninie z węglem,
- c) zaplanowano wdrożenie technologii współspalania na pozostałych kotłach.

Badania eksploatacyjne przeprowadzono wg następującego planu:

1. Badanie parametrów fizykochemicznych i energetycznych biomasy i miazgu węglowego.
2. Badanie charakterystyk energetycznych kotła podczas współspalania.

3. Opis i analiza wyników

Wyniki badań parametrów technologicznych stosowanego w MEC Koszalin miazgu węglowego przedstawiono w tabeli 1 w interwale czasowym od stycznia do października 2008 roku.

Tabela 1. Zestawienie wyników badań parametrów technologicznych miazgu węglowego
Table 1. Results of fine coal technological parameters investigations

Średnie parametry miazgu węglowego w miesiącu	Wilgoć	Popiół	Wartość opałowa	Siarka	Węgiel
	[%]	[%]	[kJ/kg]	[%]	[%]
Styczeń	15,8	11,3	22337	0,31	56,4
Luty	15,2	13,2	21767	0,36	54,6
Marzec	16,3	10,6	22227	0,42	57,7
Kwiecień	16,6	10,1	22437	0,48	58,3
Maj	14,0	9,9	23511	0,56	60,7
Czerwiec	14,3	10,4	22996	0,57	59,3
Lipiec	13,7	10,0	23541	0,60	61,8
Wrzesień	14,3	12,5	22523	0,70	60,0
Październik	14,0	9,9	23362	0,66	61,5
Średnia ważona	14,9	10,9	22744	0,50	58,9

Analiza wyników badań wskazuje, że zawartość wilgoci w stanie roboczym (średnia ważona z dostaw w miesiącu) waha się w przedziale 13,7 do 16%. Zawartość pierwiastka C w tych dostawach mieści się w przedziale od 54,6% do 61,8%. Zawartość popiołu w takim miazgu węglowym to przedział od 9,9% do 12,5 %, a wartość opałowa w stanie roboczym, a więc istotnym z eksploatacyjnego punktu widzenia mieści się od 21,77 MJ/kg do ok. 23,54 MJ/kg przy zawartości siarki w przedziale od 0,31% (dostawy węgla rosyjskiego) do ok. 0,7% (dostawy z kopalni Julian).

Można zatem stwierdzić, że ze względu na powyższe zmierzone parametry technologiczne miału węglowego jest to wg Kruczka [1] paliwo optymalne dla kotłów rusztowych.

Natomiast w tabeli 2 zestawiono wyniki badań parametrów technologicznych stosowanej biomasy różnego rodzaju tj. zrębek drzewnych, pelletów, brykietów oraz zrębek wierzby energetycznej. Analiza wyników badań zawartych w tabeli 2 wskazuje na znaczne zróżnicowanie zawartości wilgoci w biomacie, a w szczególności w grupie odpadów typu zrębki drzewne, bo od ok. 11,1%, aż do 57,5%. Podobnie dosyć duże zróżnicowanie parametru wilgoci jest w masie zrębków wierzby energetycznej w granicach od 19,8% do 31,55%.

Tabela 2. Zestawienie wyników badań parametrów technologicznych biomasy
Table 2. Results of biomass technological parameters investigations

Rodzaj biomasy	Wilgoć	Popiół	Wartość opałowa	Siarka	Węgiel	Ilość badań
	[%]	[%]	[kJ/kg]	[%]	[%]	[szt]
Zrębki drzewne	33,7	0,5	11,028	0,01	30,7	83
	min 11,1 max 57,5	min 0,3 max 0,8	min 5,997 max 15,442	min 0,0 max 0,01	min 21,8 max 45,3	
Pellet	6,2	0,7	16,539	0,01		1
Brykiet	12,9	0,7	15,663	0,02		1
Zrębki wierzby energetycznej	23,2	1,1	13,183	0,03	38,6	26
	min 19,8 max 30,5	min 0,8 max 1,2	min 11,996 max 13,738	min 0,01 max 0,03	min 35,0 max 39,9	

Stosunkowo stabilna, a także niska jest zawartość wilgoci w pelletach (6,2%) oraz brykietach (12,9%). Duża zawartość wilgoci zarówno zrębów drzewnych, jak również wierzby energetycznej stanowi kłopot eksploatacyjny. W aktualnych warunkach MEC nie ma możliwości dosuszania biomasy (niezależnie od ewentualnych kosztów tego procesu). Duża zawartość wilgoci ma negatywny wpływ na ilość uzyskanej energii cieplnej, a także na bieżące problemy eksploatacyjne kotłów związane z ich regulacją.

Analizując dalej dane zawarte w tabeli 2 można zauważyć, iż zawartość popiołu we wszystkich rodzajach grup biomasy jest niska, rzędu od 0,3% do 1,2%. Oznacza to, iż w wyniku współspalania z miałem węglowym biomasy otrzymujemy znacznie mniej odpadu wtórnego, jakim jest żużel i popiół.

Wartość opałowa tych grup różnych rodzajów biomasy mieści się w przedziale od 11,03 MJ/kg do ok. 16,54 MJ/kg (w stanie roboczym), a oznacza to, że ze względów energetycznych biomasa jest gorszym paliwem od

miała węglowego o ok. 6÷8 MJ/kg, co rzutuje na obniżenie temperatury w kotle.

Zawartość siarki w biomase mieści się w przedziale od 0,01 do 0,03%, a więc jest bardzo niska. Potwierdza to zasadnicze obniżenie zawartości SO₂ w spalinach. Jest to znaczącą zaletą stosowania biomasy pod kątem ochrony atmosfery.

Bardzo ważnym parametrem technologicznym dla właściwej eksploatacji kotła jest wymiar biomasy, tak jak w przypadku węgla właściwa granulacja. Zbyt dużo małych cząstek biomasy powoduje ich „wyciągnięcie” z kotła (ponieważ kocioł pracuje w podciśnieniu) bez ich spalania. Duże części zrębek oraz ich duża wilgotność powodują częste zawieszanie się biomasy w koszu, a także zaczipowanie na bębnie i zatrzymanie podawania biomasy na ruszt. Konieczne stało się wykonanie dodatkowego otworu wziernikowego w koszu węglowym nad bębniem, aby była możliwość szybkiego udrażniania podawania paliwa bez konieczności odstawiania kotła. Jednak w sytuacji znaczącej redukcji zatrudnienia i dużych kosztów związanych z automatyzacją kotłów, takie rozwiązanie należy uznać za archaiczne.

Szczególne kłopoty sprawiała świeżo pocięta, jedno-dwuroczna wierzba energetyczna. Skuteczność cięcia takiej wierzby na dostępnych maszynach jest niewielka. Dominują kilkunastocentymetrowe krótkie witki, które mają dużą tendencję do szczepiania się, czego efektem jest później zawieszanie się w koszu opałowym. Jednocześnie bardzo szybko taka wierzba składowana na ciepłowni zaparza się i pojawia się pleśń, czego efektem jest obniżenie jej wartości kalorycznej.

W tabeli 3 zestawiono wyniki badań i obliczeń sprawności kotła w zależności od jakości miała węglowego i biomasy oraz od udziału w mieszance obu materiałów. Badania wykonano w przedziale 10-ciu miesięcy tj. od stycznia do października 2008 roku. Stosunek masowego udziału biomasy w całej mieszance paliwa podawanego do kotła wahał się w granicach od 17,26%, aż do 46,1% w poszczególnych miesiącach.

Można przyjąć, że prowadzone próby w ramach codziennej eksploatacji kotła miały charakter próby przemysłowej, a więc obciążonej błędem względnym do wielkości tej próby.

Wyniki zawarte w tabeli 3 przeniesione na poglądowy wykres zmian sprawności kotła zależnie od wartości opałowej miała węglowego i wartości opałowej biomasy przedstawiony na rysunku 3 należy rozpatrywać, jako odniesienie przeciętnie średnie. Zatem wskazano tu pewien trend możliwych zmian wartości parametrów wpływających na sprawność kotła, a wskazane rozrzuty wyników mogą wynikać i zapewne wynikają z faktu, że do kompozycji mieszanki biomasy i miała węglowego wprowadzano biomasę, której wartość opałowa

wa zmieniała się w zakresie od 6 MJ/kg do 16 MJ/kg (tabela 2), a także wartość opału miału węglowego zmieniała się w przedziale ok. 2,0 MJ/kg.

Tabela 3. Zestawienie wyników badań i obliczeń sprawności kotła w zależności od udziału biomasy

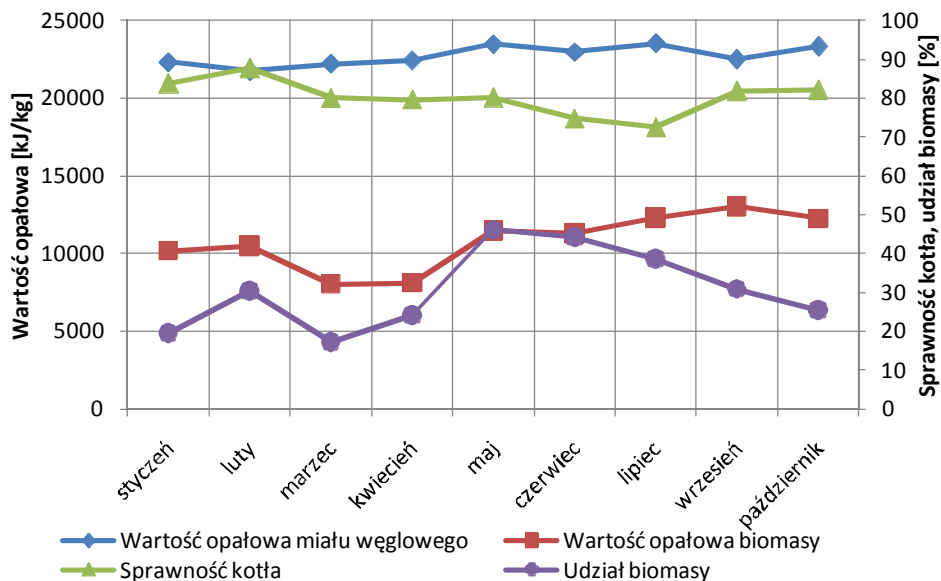
Table 3. Results of investigations and calculations of boiler efficiency depending on the biomass part

Miesiąc Rok 2008	Średnia ważona wartość opału miału węglowego	Średnia wartość opału biomasy	Sprawność kotła	Udział biomasy
	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[%]	[%]
styczeń	22337	10197,1	83,8	19,49
luty	21767	10498,4	87,8	30,31
marzec	22227	8049,8	80,1	17,26
kwiecień	22437	8126,8	79,7	24,05
maj	23511	11494,5	80,2	46,10
czerwiec	22996	11321,3	74,8	44,23
lipiec	23541	12308,0	72,6	38,74
wrzesień	22523	13050,0	81,9	30,89
październik	23362	12275,1	82,2	25,38

Chcąc więc korzystać dla celów praktycznych z przytoczonych wyżej wyników badań musimy pamiętać o błędzie doświadczenia próby przemysłowej i odnieść tę wartość w skali średniej przeciętnie typowej.

Obserwacja pracy kotła pozwoliła zauważyć, że:

- nie stwierdzono zwiększonego i szybszego zarastania powierzchni ogrzewalnej kotła niż w przypadku stosowania tylko miału węglowego. Można zatem stwierdzić, że stosowane addytywy (uniemożliwiające zarastanie powierzchni ogrzewalnej kotła) do miału węglowego są również skuteczne w przypadku współspalania biomasy,
- stwierdzono zwiększoną ilość żuźlowych narostów na ścianach bocznych między częścią ciśnieniową, a pokładem rusztu oraz na sklepieniu zapłonowym.



Rys. 3. Wykres zmian sprawności kotła w zależności od udziału jakościowego i ilościowego miazła węglowego i biomasy.

Fig. 3. The diagram of the change of boiler efficiency depending on the qualitative and quantitative part of fine coal and biomass

4. Podsumowanie – wnioski

Z przeprowadzonych badań i ich analizy nasuwa się ogólne spostrzeżenie, że doświadczenia zdobyte ze współspalania biomasy mogą być wykorzystane przy ewentualnym zastosowaniu współspalania z miazłem węglowy paliw alternatywnych wytworzonych z odpadów, takich jak tworzywa sztuczne, guma, wysegregowane odpady komunalne.

Analiza wyników badań pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Współspalanie miazła węgla kamiennego z biomasą przy udziale biomasy 25% pozwala na utrzymanie stabilnej sprawności kotła na poziomie 80% przy średniej wartości opałowej biomasy 12 MJ/kg i średniej wartości opałowej miazła węglowego w wysokości 22,5 MJ/kg,
2. Ze względu na znikomą ilość siarki w biomasie jej stosowanie obniża zawartość SO₂ w spalinach,

3. Negatywem tej technologii jest wyraźne obniżenie wartości opałowej mieszanki. Biorąc pod uwagę, że kotły projektowane są pod konkretne wartości opałowe stosowanych w nich paliw, ważnym parametrem przy współspalaniu jest wartość opałowa spalanego w nim mialu,
4. Koniecznym staje się zadaszenie części placu, na którym składowana jest biomasa, w celu ochrony przed deszczem,
5. Istnieje pewna równowaga pozytywów i negatywów spalania takich mieszanek ze względów energetycznych i ekologicznych, jednak ostatecznie o rozpowszechnieniu tej technologii decydujące znaczenie będą miały względy ekonomiczne, na dzień dzisiejszy z tych właśnie względów współspalanie biomasy jest nieopłacalne.
6. Mając na uwadze sytuację polityczną w kraju i na świecie w aspekcie dywersyfikacji dostaw paliwa klasycznego każda koncepcja tworząca alternatywę dla paliwa klasycznego powinna być brana pod uwagę [7]. Wydaje się być celowe podjęcie badań przemysłowych nad zastosowaniem w mieszanekach energetycznych paliw alternatywnych wytworzonych z odpadów takich jak tworzywa sztuczne, guma, wysegregowane odpady komunalne itp.

Literatura

1. **Kruczek S.:** *Kotły. Konstrukcje i obliczenia*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2001.
2. Zakład Urządzeń Kotłowych Stąporków. Oferta handlowa www.zuk.com.pl
3. **Dąbrowski J., Dąbrowski T., Piecuch T., Winiecki M.:** *Badania laboratoryjne nad możliwością współspalania mialu węglowego wraz z osadami ściekowymi odpadami poliestrowymi*. Inżynieria i Ochrona Środowiska Tom 11. Nr 2. Rok 2008.
4. *Paliwa z odpadów*. Praca zbiorowa pod redakcją J.W Wandrasz, J. Nadziakiewicz. Wydawnictwo HELION, Gliwice 1998.
5. **Strzeleczyk F., Wawszczak A.:** *Efektywność biomasy jako paliwa energetycznego*. Rynek Energii – nr 5/2008.
6. **Mianowski A.:** *Technologia chemiczna węgla kamiennego. Rozdział III- Surowce pierwotne-naturalne*. Podręcznik Politechniki Śląskiej nr 1164/1984.
7. **Wilk K.:** *Teoretyczno-doświadczalny model procesu spalania w dyfuzyjnym płomieniu gazowym*. III Konferencja "Problemy Badawcze Energetyki", tom II, Warszawa, 1997.
8. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Spalanie osadów pokoagulacyjnych zawierających kleje organiczne oraz utylizacja powstałych popiołów*. Polityka Energetyczna, Tom 10, Zeszyt 2, 2007.

Practical Aspects of Biomass Co-burning in Grid Boilers. Exploitation Experiences on the Example of Biomass Co-burning in WR-10 Boiler in DPM Heat Generating Station, Koszalin

Abstract

The paper presents results of research conducted from January to October 2008, of the following technological parameters: calorific value, content of moisture, content of sulphur, ash, of biomass and fine coal. Results of co-burning of biomass and fine coal in the industrial grate boiler WR-10 of Koszalin Heating Plant were introduced.

Investigations consisted of: elaboration of co-burning technology of biomass and waste with fine coal in grid boilers, determination of the most favourable part of biomass for the sake of energetic efficiency and kind of biomass mixed with fine coal.

Exploitation investigations were conducted according to following plan: examinations of physic-chemical and energetic parameters of biomass and fine coal, examinations of energetic characteristics of boiler during co-burning. All examinations were conducted under conditions of current exploitation of boiler.

Co-burning of fine coal with biomass part of 25% allows to maintain boiler efficiency at the level of 80% at average calorific value of biomass 12 MJ/kg and average calorific value of fine coal 22,5 MJ/kg.

SO₂ emission decreases during co-burning of biomass and fine coal due to very small content of sulphur in biomass.

Deposition on heating surface of the boiler was not bigger and quicker during co-burning than in the case of alone fine coal burning. Than it may be stated, that additives (precluding deposition on boiler's heating surface) used with fine coal are also effective in the case of biomass co-burning.

Obvious drop of calorific value of fine coal and biomass mixture is unfavourable, because boilers are designer for specific given calorific value of fuel used in them. So the calorific value of the fuel is a very important issue.

Taking into consideration political situation in Poland and in the World in the aspect of diversification of classic fuels supply, every idea which creates an alternative to classic fuel should be deeply considered [7]. It seems to be purposeful to undertake industrial examinations on application of alternative fuels produced from wastes, such as plastics, rubber, segregated municipal wastes, etc., for co-burning with coal.

Application of co-burning process in Rother boilers of Koszalin Heat Generating Company has been planned.

