

Andrzej ŚLĄCZKA*, Zdzisław PISZCZYŃSKI*,
Eugeniusz KASPRZAK**, Stanisław KARUGA**

* Politechnika Śląska

** Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze

ZAWIESINOWE PALIWA WĘGLOWO-WODNE NA BAZIE WĘGLI KOKSUJĄCYCH I ENERGETYCZNYCH

Streszczenie. Przedstawiono doświadczalne badania nad przygotowaniem i własnościami reologicznymi zawiesinowych paliw węglowo-wodnych na bazie węgla koksujących i energetycznych. Omówiono warunki, jakim powinno odpowiadać paliwo zawiesinowe węglowo-wodne, jak również sposób jego przygotowania. Przedstawiono wyniki badań reologicznych zawiesin węglowo-wodnych dla węgla energetycznych oraz wyniki testów energoemisyjnych paliwa przeprowadzonych na doświadczalnej instalacji spalania paliw stałych i ciekłych.

COAL WATER SLURRY FUELS ON THE BASIS OF COKE AND STEAM COALS

Summary. The results of an experimental study on preparation and rheological properties of high concentrated coal-water slurry fuels (CWSF) were presented. The conditions of which these type of fuels should follow were discussed and the procedure of slurry preparation was given too. The slurries was prepared using steam and coke coals. For the last one, tests of combustion were performed using a test unit for combustion of fossil and liquid fuels.

1. Suspensje węglowo-wodne jako paliwa

Zainteresowanie suspensjami węglowo-wodnymi obserwuje się od lat trzydziestych. Początkowo zainteresowanie to skierowane było przede wszystkim na rozwiązanie problemów transportu hydraulicznego rozdrobnionego węgla. Zawiesiny te zawierały do 40% ciała stałego o stosunkowo dużej granulacji. Oczywiście zawiesiny o takich parametrach nie mogą być spalane. Poprzez odpowiednie przygotowanie węgla uzyskano palne suspensje węglowo-wodne, jednak ze względu na duże koszty wytwarzania tego rodzaju paliwa w owym czasie prace nad tym zagadnieniem nie były rozwijane. W latach 70 bieżącego wieku w okresie kryzysu nafto-

wego zainteresowanie paliwami będącymi zamiennikami olejów opałowych znacznie wzrosło. Podjęto prace badawcze nad suspensjami węglowo-wodnymi w wielu krajach [1]. W latach 80, gdy ceny ropy powróciły do "normy", zainteresowanie tego rodzajem paliwa zmalało, niemniej jednak takie kraje, jak: Włochy, Japonia, były ZSRR, USA, Szwecja i Francja konsekwentnie prowadziły badania nad różnymi aspektami produkcji i aplikacji tego rodzaju paliwa, wyrazem czego jest wiele publikacji i patentów w tym zakresie [2-17]. W ciągu ostatnich lat obserwuje się wzrost badań nad alternatywnymi paliwami dla małego przemysłu i kotłowni. Zawiesinowe paliwa węglowo-wodne są przedmiotem intensywnych badań z uwagi na możliwość zastosowania ich w kotłowniach opalanych dotychczas olejami opałowymi. Badania te koncentrują się nad następującymi zagadnieniami: koncentracja węgla w paliwie zawiesinowym, reologia suspensji oraz aplikacja tego paliwa [18-29]. Zagadnienia te łączą się z takimi problemami, jak:

- dobór bazy surowcowej,
- dobór optymalnej granulacji surowca węglowego,
- zawartość popiołu w węglu,
- dobór optymalnych środków dyspergująco-stabilizujących,
- dobór palników i parametrów komory spalania zasilanej tego rodzaju paliwem po względem emisyjności NO_x , SO_2 i sprawności spalania.

Typowe paliwa zawiesinowe zawierają od 60 do 70% węgla, 30-40% wody i około 0,5-1,5 % dodatków dyspergująco-stabilizujących.

Drobnouziarnione paliwa węglowo-wodne o minimalnej zawartości popiołu i mniejszym zagęszczeniu (50-55% węgla) stosowane mogą być do napędu turbin gazowych. Paliwa tego typu posiadają konsystencję mieszczącą się w zakresie od wysoko płynnych cieczy o lepkości zbliżonej do lepkości oleju opałowego, do mieszanin tiksotropowych, które w stanie spoczynku występują w postaci żeli, a stają się cieczami po zadziałaniu na nie sił ścinających [28]. Prowadzone są też badania nad zastosowaniem paliw węglowo-wodnych do zasilania silników Diesla wielkiej mocy, np. w lokomotywach. [28].

W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki badań nad zawiesinowymi paliwami węglowo-wodnymi prowadzonymi w Katedrze Przeróbki Kopalini i Utylizacji Odpadów Politechniki Śląskiej w Gliwicach (przygotowaniem zawiesin węglowo-wodnych na bazie węgli energetycznych) oraz w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze (nad otrzymaniem i aplikacją w skali ćwierćtechnicznej wysokoskoncentrowanych ww. paliw bazujących na węglach kamiennych wysokowęglonych).

2. Wysokoskoncentrowane zawieszinowe paliwa węglowo-wodne na bazie węgla koksujących

Węgiel kamienny do otrzymywania wysokoskoncentrowanych paliw zawieszinowych (suspensji węglowo-wodnych) stanowiących substytut paliw pochodzenia petrochemicznego (olej opałowy, mazut) powinien posiadać odpowiednie własności ze względu na zapewnienie niezawodnej pracy kotłów olejowych zaadoptowanych na opalanie paliwem suspensyjnym, jak również na możliwość otrzymania wysokoskoncentrowanej zawiesziny węglowo-wodnej o odpowiednich parametrach hydraulicznych i zadowalającej stabilności w czasie transportu i magazynowania.

Aby zapewnić niezawodną pracę kotłów opalanych paliwami węglowo-wodnymi, najlepiej gdyby węgiel użyty do ich otrzymywania był:

- niezużłujący i niezanieczyszczony - temperatura topnienia popiołu powinna być powyżej 1200 °C (aby wyeliminować powstawanie żużla w komorze spalania),
- niskozapopielony - najwyższy dozwolony poziom popiołu nie jest jednoznacznie określony, lecz więcej niż 10% wagowych nie jest wskazane. Zawartość popiołu limituje między innymi intensywność procesów erozyjnych wpływających na trwałość eksploatacyjną układu spalania.
- maksymalnie rozdrobniony - im drobniejszy węgiel, tym lepsze spalanie, lecz również wyższe koszty operacyjne rozdrabniania. Optymalne rozmiary cząstek węgla zależą w znacznej mierze od własności indywidualnych węgla i konstrukcji palnika.

Ze względu na tworzenie trwałych wysokoskoncentrowanych suspensji węglowo-wodnych węgiel powinien posiadać właściwości hydrofobowe, a więc jego powierzchnia nie powinna być zwilżana wodą. Węgiel taki charakteryzuje się tak zwaną strukturą cieczy (według modelu strukturalnego Hirscha). Jest to typowa struktura węgla bitumicznych (zawartość C pierwiastkowego wynosi 85-91 % wag.). O własnościach hydrofobowych węgla mówi również zdolność refleksyjna wityrynytu (macerał węgla) charakteryzująca stopień uwęglenia (optymalnie wartość ta powinna być zbliżona do 1% lub nieco powyżej), oraz stosunek wagowy węgla pierwiastkowego do tlenu pierwiastkowego (C/O). Im większy stosunek, tym węgiel z reguły jest bardziej podatny na tworzenie wysokoskoncentrowanych suspensji węglowo-wodnych. Przy prowadzeniu odpowiedniej aktywacji węgla kamiennych hydrofilowych (zawartość C max 85 %, refleksyjność 0,7-0,8) możliwa jest zmiana własności powierzchni ziaren węgla w taki sposób, aby ziarno nabrało własności hydrofobowych. Dokonuje się tego

za pomocą hydrotermoaktywacji (suszenie na mokro). Proces ten w znacznym stopniu komplikuje jak i podraża koszty otrzymania stabilnych wysokoskoncentrowanych suspensji węglowo-wodnych. Biorąc pod uwagę powyższe wymagania oraz rachunek ekonomiczny stosowania paliw węglowo-wodnych (koszty jednostkowe uzyskania energii w stosunku do tradycyjnych paliw olejowych) paliwa suspensyjne muszą posiadać koncentrację węgla w suspensji na poziomie około 68—70 % wagowych.

Głównymi problemami technologii otrzymywania suspensji o wysokiej (z punktu widzenia ekonomiki procesu spalania) koncentracji węgla i niskiej stosunkowo lepkości jest optymalny dobór węgla, środków dyspergująco-stabilizujących oraz taki rozkład wielkości uziarnienia rozdrobnionego węgla, który gwarantuje w miarę maksymalne upakowanie drobin węgla w zawieszynie. Biorąc powyższe uwarunkowania w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze przeprowadzono próby laboratoryjne otrzymywania wysokoskoncentrowanych suspensji węglowo-wodnych z wytypowanych krajowych surowców węglowych i środków dyspergująco-stabilizujących [29]. Na podstawie przeprowadzonych prób wykonano partię testową paliwa (w skali ćwierćtechnicznej) i poddano ją badaniom aplikacyjnym w IChPW, jak również w Instytucie Energii Atomowej w Świerku (ocena energoemisyjna paliwa).

Przygotowanie partii paliwa o optymalnych parametrach aplikacyjnych wymagało zastosowania węgla o dobrej podatności na tworzenie wysokoskoncentrowanych suspensji, jak również optymalnego rozkładu ziarnowego i zastosowania odpowiednich środków dyspergująco-upłynniających. Na podstawie wcześniejszych doświadczeń laboratoryjnych [29] jako surowiec węglowy zastosowano flotokonzentrat z KWK „Jastrzębie” będący produktem technologicznym procesu wzbogacania urobku węglowego. Zastosowany flotokonzentrat charakteryzował się rozkładem ziarnowym zamieszczonym w tabeli 1 oraz własnościami fizykochemicznymi zamieszczonymi w tabeli 2. Jako środek dyspergująco-stabilizujący zastosowano mieszaninę dyspergatora krajowej produkcji o handlowej nazwie NNO (dyspergator anionowy) z wodorotlenkiem sodowym w ilości ok. 1% w przeliczeniu na suchy surowiec węglowy. Partie wysokoskoncentrowanego zawieszinowego paliwa węglowego otrzymano na doświadczalnym periodycznym stanowisku produkcji i testowania zawieszinowego paliwa węglowego (rysunek 1). Głównymi elementami stanowiska są: młyn kulowy, zbiornik pośredni, zbiornik testowy, pompa do gęstych zawieszin, armatura, oprzyrządowanie (manometr, wymienne dysze pomiarowe). Do młyna kulowego podawano wszystkie surowce. Surowce dobrano w ten sposób, aby otrzymać suspensję o zawartości węgla wynoszącą 70% wagowych (liczonych na

suchą masę) i maksymalnym uziarnieniu poniżej 100 μm . Całość wsadu mielono na mokro pobierając w równych odstępach czasowych próbki, które poddawano analizie ziarnowej (pomiar prowadzono za pomocą laserowego analizatora wielkości cząstek firmy Malvern). Skład ziarnowy produktu końcowego przedstawiono w tabeli 3. Po uzyskaniu założonego składu ziarnowego węgla w suspensji (zblizonego do optymalnego [29-30]) proces przerywano. W jednym cyklu na stanowisku doświadczalnym otrzymywano 150 kg paliwa. Dla celów aplikacyjnych wykonano ok. 2 ton ww. paliwa. Średnie stężenie węgla w szarach wyprodukowanego paliwa wynosiło 68-71% wagowych, a jego wartość lepkości dynamicznej mierzona przy użyciu lepkościomierza obrotowego Rheotest 2 w temperaturze 25 °C dla różnych szarż mieściła się w granicach od 900 do 1400 mPa s (81 s⁻¹). Zależność lepkości dynamicznej suspensji węglowo-wodnej od koncentracji węgla dla wyprodukowanej partii paliwa została przedstawiona na rysunku 2. Przeprowadzone obserwacje sedymentacji statycznej otrzymanej partii testowej paliwa wykazały dobrą jej stabilność i nie stwierdzono tendencji do osiadania cząstek węgla na dnie zbiornika po okresie jednego miesiąca.

Ocenę energoemisyjną paliwa przeprowadzono w Laboratorium Wysokotemperaturowych Procesów Energotechnologicznych Instytutu Energii Atomowej w Świerku na doświadczalnej instalacji spalania paliw stałych i ciekłych.

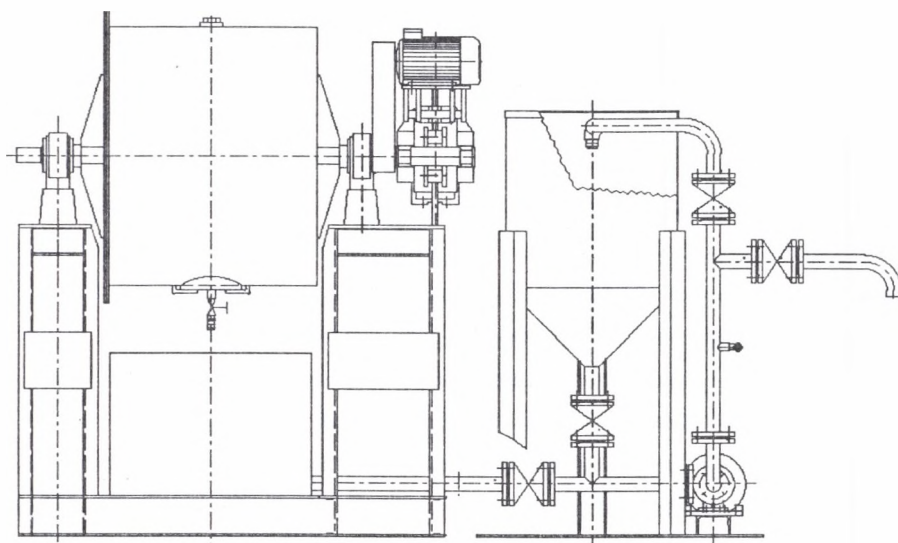
Zasadniczym celem badań było:

- eksperymentalne ustalenie stabilnych parametrów procesu spalania,
- określenie stopnia przereagowania masy palnej zawiesziny w układzie laboratoryjnym, oszacowanie stopnia przereagowania dla warunków palnika przemysłowego oraz określenie emisyjności związków siarki i azotu.

Testy aplikacyjne wykazały, że przygotowane wysokoskoncentrowane paliwo węglowo-wodne (o wartości opałowej 20560 kJ/kg) charakteryzuje się:

- dobrą jakością podawania, w porównaniu z mazutem jest wygodniejsze ze względu na brak konieczności podgrzewania,
- stabilnym procesem spalania przy szerokich zmianach parametrów procesu, takich jak: współczynnik nadmiaru utleniacza, temperatura utleniacza,
- wysokim stopniem przereagowania wynoszącym 0,98,
- niską koncentracją tlenków azotu w spalinach (w granicach 10 ppm).

Nie stwierdzono wpływu procesu spalania zawiesziny węglowo-wodnej na zawartość tlenków siarki w spalinach.



Rys. 1. Doświadczalne okresowe stanowisko produkcji i testowania zawiesinowego paliwa węglowego

Fig. 1. Batch unit for preparation and testing of coal-water slurry fuels

Tabela 1

Rozkład ziarnowy flotokonzentratu węglowego z KWK „Jastrzębie”

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód [%]
> 1,000	1,8
1,000 - 0,500	14,6
0,500 - 0,315	20,9
0,315 - 0,200	16,6
0,200 - 0,100	24,2
0,100 - 0,000	21,9

Tabela 2

Własności fizykochemiczne flotokonzentratu węglowego
z KWK „Jastrzębie”

Nazwa oznaczenia	Symbol	Jednostka	Wartość oznaczona
Zawartość wilgoci całkowitej PN-80/G-04511	W_t	%	11,4
Zawartość wilgoci PN-92/G-04560	W^a	%	0,5
Zawartość popiołu PN-92/G-04560, PN-80/0452	A^a	%	9,1
Zawartość części lotnych PN-92/04560	V^a	%	21,7
Zawartość części lotnych PN-92/G-04560	V^{daf}	%	24,2
Zawartość siarki całkowitej PN-93/G-04514/17	S_t	%	0,64
Zawartość siarki popiołowej PN-93/G-04514/17	S_Λ	%	0,13
Zawartość siarki lotnej PN-93/G-04514/17	S_c	%	0,51
Zawartość węgla Q/ZK/P/6/01/A	C^a C^{daf}	%	80,4 89,5
Zawartość wodoru Q/ZK/P/6/01/A	H^a H^{daf}	%	4,46 4,97
Zawartość azotu Q/ZK/P/6/01/A	N^a N^{daf}	%	1,21 1,35
Zawartość tlenu	O_d O^{daf}_d	%	3,09 3,44
Ciepło spalania Q/ZK/P/6/01/A	Q_a	J/g	32 822
Wartość opałowa Q/ZK/P/6/01/A	Q_I	J/g	31 776
Stosunek C/O =26,02			

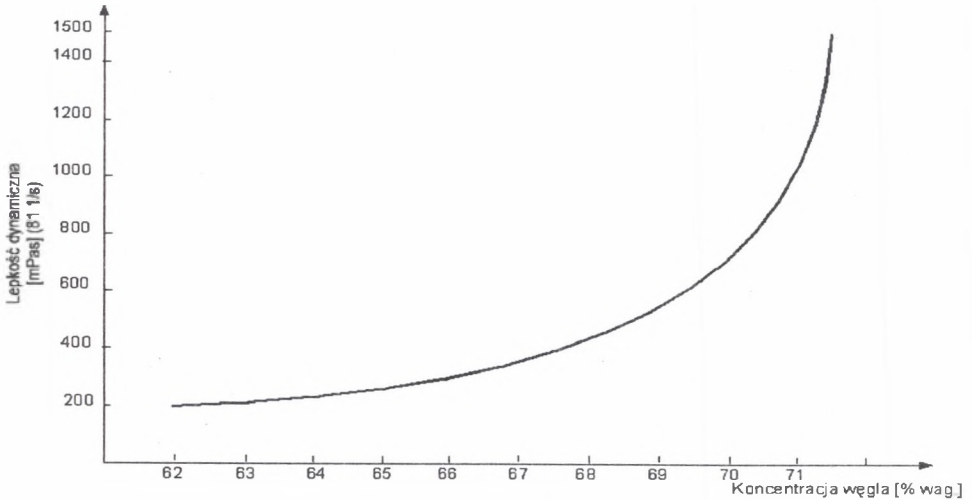
Tabela 3

Rozkład ziarnowy węgla w zawiesinowym paliwie węglowo-wodnym
otrzymanym na bazie flotokonzentratu węglowego z KWK „Jastrzębie”

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód [% obj.]
> 102,1	0,0
102,1 - 88,1	3,6
88,1 - 48,8	15,2
48,8 - 20,1	15,3
20,1 - 11,1	12,0

cd. tabeli 3

11,1 - 5,3	11,9
5,3 - 1,2	33,1
1,2 - 0,0	8,9



Rys. 2. Zależność lepkości dynamicznej suspensji węglowo-wodnej od koncentracji węgla sporządzonej na bazie flotokonzentratu KWK „Jastrzębie”

Fig.2. Dynamic viscosity of coal-water slurry versus slurry concentration (for flotation concentrate from „Jastrzebie” mine)

3. Wysokoskoncentrowane zawiesinowe paliwa węglowo-wodne na bazie węgla energetycznych

Badaniom poddano węgle energetyczne z kopalń węgla kamiennego „Janina”, „Halemba”, „Sośnica” i „Julian”. Były to węgle typów od 31.2 do 34. Właściwości tych węgla podano w tabeli 4.

Tabela 4

Właściwości węgla użytych do przygotowywania zawieszin węglo-wodnych

Wielkość	Węgiel z kopalni			
	Halemba	Julian	Janina	Sośnica
Typ	34.20	31.20	32	32
Zaw. popiołu Aa [%]	7.20	6.30	8.2	8,1
Zaw. cz. lotnych V [%]	28.00	36.00	31.1	31,7
Wsp. w. wydym.	6.00	0.00	1	1
Wartość op. Qdaf [J/kg]	31150	32200	32800	32750
Zaw. Siarki [%]	0.82	0.75	1.2	0,85

Próbki węgla używanego do przygotowania zawieszin poddano wstępnemu kruszeniu i mieleniu, tak aby uzyskać materiał przechodzący całkowicie przez sito o wymiarach oczek 3 mm. Skład ziarnowy tak otrzymanych prób był zbliżony dla wszystkich rodzajów węgla. W tabeli 5 przedstawiono skład ziarnowy materiału otrzymanego w powyższych operacjach przerobczych.

Tabela 5

Skład ziarnowy węgla stanowiącego produkt wyjściowy
do procesu mielenia w różnych typach młynów

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód [%]
3,000 - 2,500	10,31
2,500 - 2,000	5,85
2,000 - 1,600	12,51
1,600 - 0,800	27,98
0,800 - 0,630	9,23
0,630 - 0,400	11,37
0,400 - 0,320	6,84
0,320 - 0,200	7,43
0,200 - 0,160	1,98
0,160 - 0,100	2,74
0,100 - 0,071	1,60
0,071 - 0,056	0,59
0,056 - 0,000	1,57

Następnie materiał ten poddawano mieleniu w celu otrzymania właściwej nadawy do sporządzania zawieszin węglo-wodnych, stosując różne rodzaje młynów, a to: prętowy, kulowy, wibracyjny i obrotowo-wibracyjny. Mielenie prowadzono na mokro w taki sposób, aby uzyskać produkt o składzie ziarnowym możliwie zbliżonym do bimodalnego. Skład taki jak

wspomniano wcześniej jest najodpowiedniejszy do uzyskania zawiesiny o dużym zagęszczeniu. W wyniku wielu prób dobrano najkorzystniejsze parametry mielenia dla każdego rodzaju młyna.

Przykładowy, najlepszy w sensie „bimodalności” przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6

Skład ziarnowy węgla otrzymanego przy zastosowaniu różnych sposobów i warunków mielenia

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód [%]
> 102,1	1,0
102,1 - 88,1	20,1
88,1 - 48,8	18,4
48,8 - 20,1	13,6
20,1 - 11,1	8,2
11,1 - 5,3	3,5
5,3 - 1,2	26,3
1,2 - 0,0	8,9

Badania miały na celu wytypowanie optymalnych dodatków polepszających własności reologiczne zawiesin węglowo-wodnych. Substancje stabilizujące zawiesiny węglowe powinny odznaczać się dobrymi własnościami dyspergującymi. Powinny adsorbować się na powierzchni ziaren węglowych w taki sposób, aby blokować penetrację cząsteczek wody w głąb porów, a równocześnie zapobiegać łączeniu się ich z sobą w większe aglomeraty. Zdyspergowanie zawiesiny jest bowiem warunkiem uzyskania dobrych własności reologicznych, a jednocześnie spowalnia sedimentację ziaren węglowych. Powinny zatem posiadać właściwości powierzchniowo czynne.

Niektóre odczynniki produkowane przez przemysł krajowy charakteryzują się takimi własnościami i powinny one mieć znaczny wpływ na własności reologiczne zawiesin węglowo-wodnych.

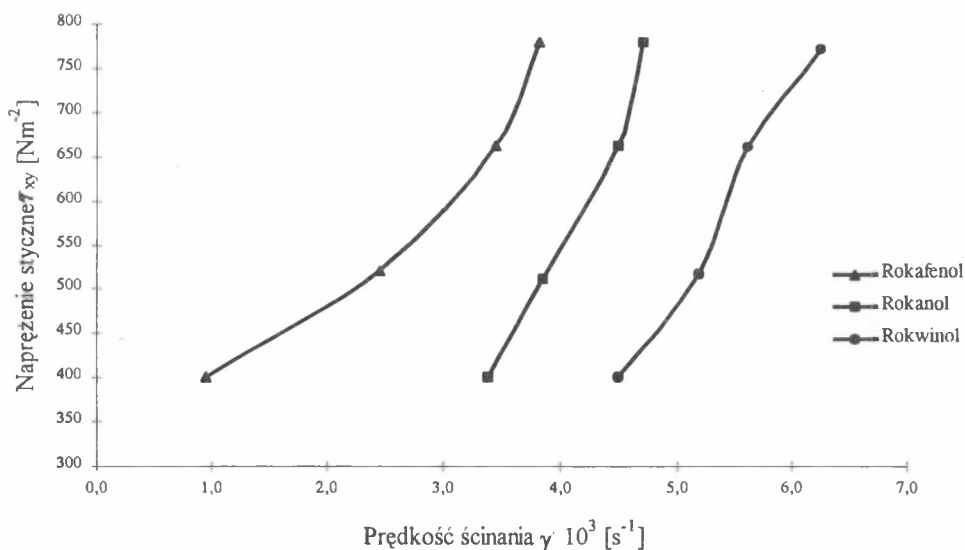
Do badań wytypowano następujące produkty:

- a) *Szkło wodne* - 30% roztwór krzemianu sodowego,
- b) *a -terpineol*,
- c) *Alkohole AC* - Produkt handlowy zawierający alkohole alifatyczne o długości łańcucha węglowego C9 do C14,
- d) *Ligninosulfonian sodowy* - produkt uboczny zakładów celulozowych

- e) *Dyspergator NNO* - Środek pomocniczy używany w przemyśle barwników, włókienniczym, garbarskim i papierniczym. Jest solą skondensowanych, wielordzeniowych sulfokwasów aromatycznych.
- f) *Polikol 400* - Środek powierzchniowo czynny, niejonowy stosowany w przemyśle włókienniczym, papierniczym i motoryzacyjnym oraz jako półprodukt w syntezie chemicznej. Polikol 400 to niejonowa mieszanina produktów polimeryzacji tlenu etylenu.
- g) *Rokafenol NX-8* - Środek pomocniczy o własnościach antyelektrostatycznych, emulgujących, zwilżających, dyspergujących i koloidochronnych. Stosowany w przemyśle włókienniczym i w przemyśle włókien syntetycznych.
- h) *Rokamin S-8* - Stosowany w procesie barwienia wełny i włókien poliamidowych. Ma charakter niejonowy i jest produktem przyłączenia tlenu etylenu do amin tłuszczu.
- i) *Rokanol ŁO-18* - Środek o własnościach piorących, emulgujących, dyspergujących i koloidochronnych. Stosowany w przemyśle włókienniczym, skórzanym oraz środków piorących. Jest środkiem o charakterze niejonowym.
- j) *Rokwinol 60* - Środek powierzchniowo czynny, niejonowy. Doskonały emulgator i dyspergator. Szeroko stosowany w przemyśle włókienniczym.
- k) *Rotamina BNS* - Syntetyczny garbnik o charakterze zastępczym, stosowany w procesach garbowania skór wyprawy roślinnej.
- l) *Sulforokanol O-100* - Środek pomocniczy stosowany przy barwieniu różnego rodzaju postaci i gatunku surowców włókienniczych. Jest wodnym roztworem soli sodowej etoksylowanego i siarczanowanego alkoholu tłuszczowego.

Badania właściwości reologicznych zawieszin węglowo-wodnych wykonano dla zawieszin o różnym zagęszczeniu w zakresie od 10 % wag. do 59 % wag. Zawiesziny o większym zagęszczeniu nie wykazywały dostatecznej płynności. Pomiary lepkości wykonano stosując naprężenia ścinające od około 6 Nm⁻² do około 25 Nm⁻² przy użyciu reometru kulkowego oraz od około 300 Nm⁻² do około 800 Nm⁻² przy użyciu ciśnieniowego reometru kapilarnego. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że stosując jako dodatek upłynniający Rokafenol NX-8, Rokanol ŁO-18 i Rokwinol 60 możliwe jest uzyskanie zawieszin węglowo-wodnych o zagęszczeniu 59% wag. posiadających własności reologiczne odpowiednie dla węglowo-wodnego paliwa zawieszinowego.

Przykładowe krzywe reologiczne dla tych zawiesin przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Krzywe płynięcia zawiesin węglowo-wodnych o zagęszczeniu 59%, z dodatkiem odczynników w ilości 0,5% w odniesieniu do suchej masy węgla

Fig.3. The flow curves of slurries of concentration of 59% with different kind of additives in amount of 0,5% in respect to coal

Bez dodatku odczynników upłynniających zawiesina węglowo-wodna o zagęszczeniu 59% wag. posiada konsystencję wilgotnego ciasta i nie wykazuje w ogóle zdolności do płynięcia. Zastosowanie upłynniaczy w postaci Rokafenolu NX-8, Rokanolu ŁO-18 czy Rokwinolu 60 pozwala uzyskać zawiesinę o płynności odpowiadającej płynności oleju opałowego.

Podobnie wymienione wyżej odczynniki powodują znaczne polepszenie stabilności zawiesiny węglowo-wodnej. Badania stabilności zawiesin przeprowadzano obserwując w czasie wysokość sklarowanego słupa cieczy nad zawiesiną.

4. Podsumowanie

Spśród przebadanych rodzajów młynów (prętowy, kulowy, kołkowy, walcowy, wi-bracyjny i obrotowo-wibracyjny) najodpowiedniejszy okazał się młyn obrotowo-wibracyjny. Przy jego użyciu możliwe jest przy odpowiednio dobranych parametrach mielenia (stopień wypełnienia młyna, szybkość obrotowa, częstotliwość i amplituda drgań młyna) uzyskanie produktu charakteryzującego się wymaganym składem ziarnowym. Znaczy to, że w produkcji mielenia w zależności od życzenia można uzyskać wyraźną przewagę pewnych klas ziarnowych. Dla technologii produkcji paliw zawieszinowych, gdzie wymagany jest bimodalny skład ziarnowy użytego węgla gwarantujący uzyskanie zawiesziny węglo-wodnej o możliwie dużym zagęszczeniu i płynności, jest to niezmiernie ważne stwierdzenie.

Spśród przebadanych dodatków upłynniających i stabilizujących zawieszinę dobre rezultaty osiągnięto przy użyciu Rokwinolu 60, który jest niejonowym środkiem powierzchniowo czynnym produkowanym przez Zakłady Przemysłu Organicznego „Rokita” w Brzegu Dolnym.

Dalsze badania w zakresie paliw zawieszinowych węglo-wodnych, wytwarzanych zarówno na bazie węgla energetycznych, jak i koksujących, powinny mieć charakter badań aplikacyjnych na skalę wielkolaboratoryjną z równoczesnym badaniem procesu spalania tego typu paliwa w doświadczalnym palenisku. Instalacja pozwalająca na prowadzenie tego typu badań zbudowana została w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze.

LITERATURA

1. W. Wilson: Upgraded low-rank coal [LRCs]- LRC-WATER FUELS CLECWFS,-Second International Conference on ENERGY AND ENVIRONMENT: Transitions in East Central Europe. Prague, Nov. 1-5. 1994.
2. B. Kania: Niekonwencjonalne metody spalania węgla. WEiWB, Warszawa 1983.
3. F. Fiseni: Die Hochkonzentrierte Kohle/ Wasser Suspension. Denseroal BWK 39 (1987) nr 5.
4. C. Shirley and. a: Viscometry and rheology of coal water slurry. Fuel, 1986, Vol. 65.
5. Richter, J. Felbe: Die Rheologie waßriger Kohle-suspensionen und deren Beeinflussung durch obertlachenaktive., Additive Chem.-Jng.-Tech., 57 (1985) nr 5.

6. Langhoff, H. Krischke: Kohle-Wasser-Suspension. Erdol and Kohle, Bb.41 Heff 4. 1988.
7. N. Stehr, Feinmahlung von Kohle / Wasser - Gemischen in Ruhrwerkskugelmuhlen, Chem.- Ing. - Tech., 57 (1985) Nr 2.
8. Dr. Kamelreiter Ultraschall - Brenner fur Kohle - Wasser - Gemische. Chemie - Technik, 14 (1985) Nr 3.
9. M. Elomarani, and a . Preparation des Melanges Charbon - Eau, Powder Technology, 57 (1989) 223-234.
10. US Patent 4,416,666 Nov. 1983.
11. PCT/US82/01012 26 July 1982.
12. JP Patent 58,216,729 Jun 1982.
13. US Patent 377,412 May 1982.
14. JP Patent 58,120,696 Jul 1983.
15. JP Patent 58,125,787 Jul 1983.
16. BE Patent 901,437. 1985.
17. JP Patent 6058,489. 1985.
18. G. E. Liu, C. K. Law, Combustion of coal - water slurry droplets, Fuel, 1986, Vol. 65.
19. D. Dunn - Rankin and a , Combustion of coal - water slurries, Evolution of particle size distribution for coals of different rank., Fuel, 1987, Vol. 66.
20. S. C. Tsai, Vu Truc Atomization of coal - water slurry using twin - fluid jet atomizer. Fuel, 1987, Vol. 66.
21. S. C. Tosai, B. Viers, Airblast atomization of viscous liquids. Fuel, 1990, Vol. 69.
22. R. M. Turian and a . Thermal conductivity of granular coals, coals - water mixtures and multi - solid liquid suspension, Fuel, 1991, Vol. 70.
23. G. Sarti and a . Hypothesis for an agglomeration mechanism in concentrated coal - water slurries. Fuel, 199, Vol. 71.
24. R. W. Lyczkowski and a . Hydrodynamic modeling and analysis of two - phase non - Newtonian coal/water slurries. Powder Technology, 69.(1992).
25. J. S. Laskowski Coal Surface Chemistry and Lets Role in Fine Coal Benefaction and Utilization. Coal Preparation, 1994, Vol. 14 pp. 115-131.
26. K. K. Chan, Pilot - scale combustion tests on coal - water mixtures with reference to particle agglomeration. Fuel, 1994, Vol. 73.
27. D. Dunn-Rankin, L. Baxter The role of dispersants in CWS agglomeration during combustion. Fuel, 1991, Vol. 70.

28. D. Horsfall, A. Ślącza: Niekonwencjonalne zastosowania węgla. XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla 23-27 maj 1994. Kraków.
29. E. Kasprzak, J. Figa, M. Kordiuk: Opracowanie technologii otrzymywania i aplikacji płynnego paliwa węglowego. Prace IChPW (1.09/94)
30. E. Kasprzak, S. Karuga: Technologia otrzymywania i aplikacji zawiesinowego paliwa.

Recenzent: Dr inż. Maria Dzięgielewska

Wpłynęło do Redakcji 29.09.1996 r.

Abstract

An experimental study was undertaken to investigate the rheological and combustion properties of high concentrated coal-water slurry fuels (CWSF). The properties and requirements of such types of fuels were discussed. The slurries were prepared using coke and steam coals.

A pilot plant installation, which construction is described in the paper, was built for the coke coal (from „Jastrzębie” mine) based slurry fuels. This installation was a batch one and can handle 150 kg of coal. The slurry prepared has a solid content of 68-71 %wt and a viscosity ranged from 900 to 1400 mPa s, measured using a Rheotest 2 rotary viscometer. The tests of sedimentation of this slurry gave satisfactory results. The tests of combustion showed that the calorific value of the tested slurry was of 20560 kJ/kg, The feeding of the slurry was better than for mazout because of lack of necessity of heating. The combustion was stable and the efficiency of combustion was 98%. The low NO_x content in flue gases was stated.

The experiments using steam coals showed that the reaching of high slurry concentration is more difficult. The hydrophilous properties of coal surface allow to penetrate water into the pores that lead to decrease in slurry viscosity. Viscosity at different share rate were measured using a pressure capillary viscometer. The study revealed that the apparent viscosity of the slurry depends on its concentration and the kind of additives used. As additives 12 different reagents were tested. The addition of some reagents allows to decrease in the slurry viscosity considerably.