

Materiały XXVII Konferencji z cyklu  
*Zagadnienia surowców energetycznych  
i energii w gospodarce krajowej*  
Zakopane, 13–16.10.2013 r.  
ISBN 978-83-62922-26-0

Andrzej MICHALIK\*, Jan J. HYCENAR\*\*, Henryk KULA\*\*, Andrzej FRAŚ\*,  
Leopold SIKORA\*\*

## Zakres i warunki stosowania suspensji węglowo-wodnych

STRESZCZENIE. W ostatnich latach rośnie zainteresowanie produkcją i stosowaniem suspensji węglowo-wodnej do opalania kotłów i pieców, jako zamiennika olejów opałowych i gazu ziemnego oraz węgla. Działania te mają na celu obniżenie kosztów wytwarzania energii, a w przypadku zastępowania węgla obniżenie emisji zanieczyszczeń do środowiska.

Przedstawiony materiał omawia wyniki badań i prób nad opracowaniem przemysłowej technologii produkcji suspensji węglowo-wodnej. Opracowana technologia, w porównaniu do powszechnie stosowanych, charakteryzuje się niższymi kosztami wytwarzania suspensji i prostszym procesem. Właściwości otrzymywanych suspensji zależą od wielu czynników w tym, od jakości zastosowanego węgla, zawartości i stopnia mikronizacji węgla, sposobu mikronizacji i homogenizacji oraz warunków ich magazynowania. Dla oceny jakości suspensji węglowo-wodnych jako paliwa, najważniejszymi parametrami są: zawartości zmikronizowanego węgla, lepkość, wartość opałowa, zapopielenie i zawartości siarki oraz stabilność zawiesiny.

Następnym etapem, prowadzącym do wdrożenia suspensji do opalania kotłów i pieców jest przeprowadzenie prób spalania na wytypowanych obiektach dla ustalenia zakresu ich adaptacji do nowego paliwa oraz weryfikacji zakładanych efektów ekonomicznych i ekologicznych.

SŁOWA KLUCZOWE: suspensje węglowo-wodne, paliwo węglowo-wodne, właściwości zawiesin węglowo-wodnych, technologie wytwarzania suspensji węglowych

---

\* Mgr inż. \*\* Dr inż. – Konsorcjum Przedsiębiorstw Robót Górniczych i Budowy Szybów, Mysłowice,  
e-mail: h.kula@kprgibsz.com.pl

## Wprowadzenie

Suspensje węglowo-wodne (skrót: suspensje i sww) są przedmiotem wieloletnich badań w większości krajów, które dysponują dużymi zasobami węgla lub/i energetyką opartą o spalanie importowanych paliw kopalnych (Trass 1998; Khodakov 2007; Yuchi i in. 2007; Wibberley i in. 2008; Kumar 2012). Również u nas w kraju prowadzono studia i badania nad właściwościami suspensji węglowo-wodnych i możliwościami ich wykorzystania (między innymi: Hycnar 2001; Ślęczka 2004; Kijo-Kleczkowska 2010).

Przy bardzo bogatym piśmiennictwie dotyczącym badań suspensji węglowo-wodnych, stosunkowo mało jest publikacji omawiających doświadczenia z wytwarzania i praktyki ich spalania (Brujew i in. 1994; Puzyriew i in. 2001; Trubetskoy i in. 2002; CER... 2011).

Suspensje węglowo-wodne były i są częściowo stosowane w krajach (alfabetycznie): Chiny, Francja, Indonezja, Japonia, Kanada, Rosja, Szwecja, Ukraina, USA, Włochy i ZSRR. W XXI wieku największy udział w produkcji i rozwoju technologii wytwarzania sww, jako zamiennika olejów opałowych i gazu ziemnego mają Chiny, Japonia i Rosja oraz prawdopodobnie już w niedalekiej przyszłości Ukraina.

W Europie w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku znaczące osiągnięcia w badaniach i rozwoju technologii uzyskano we Włoszech, gdzie w Porto Torres zbudowano zakład wzbogacania węgla i wytwarzania suspensji węglowo-wodnej o zdolności przerobowej 500 Gg/a (Ercolani, Tiberio 1994). W miarę ustępowania skutków ówczesnego kryzysu paliwowego zainteresowanie Europy suspensjami węglowo-wodnymi i węglem odpowiednio malało.

Włoskie doświadczenia natomiast zostały wykorzystane przy budowie największej instalacji produkcji suspensji o wydajności 3000 Gg/a w kopalni, instalacji transportu rurowego 262 km i instalacji spalania w elektrociepłowni Nowosybirskaja nr 5 (Ercolani 1990; Ercolani i in. 2003). Niestety inwestycja nie została zakończona i po krótkim okresie jej niepełnej eksploatacji została wyłączona z eksploatacji (Trubeckij i in. 2008). W ostatnich latach na terenie Rosji opracowano kilka nowych technologii produkcji suspensji węglowo-wodnych oraz dokonano nielicznych wdrożeń opalania kotłów i pieców o małej i średniej mocy (Serant i in. 2008; Mosin i in. 2008; Morozow, Korienjugina 2009; Alekseenko 2011; Morozow 2012).

Największym producentem i użytkownikiem suspensji węglowo-wodnej są Chiny (Soedjanto, Zhou 2008; Zhou 2009). Roczna produkcja suspensji węglowo-wodnej określana jest na 15 000 do 20 000 Gg/a i jest spalana w około 90 obiektach energetycznych o mocy od 1,5 do 200 MWe – tabela 1 (Zhou 2009). W miejscowości Nanhai w 2005 roku uruchomiono blok o mocy 200 MWe opalane tylko suspensją. Stosowanie suspensji węglowo-wodnej przyniosło oszczędność 1500 Gg/a olejów opałowych. Jednocześnie, można dowiedzieć się ze źródeł największego chińskiego producenta suspensji Sino Clean Energy Inc., że w 2012 roku produkcja suspensji przekroczyła 40.000 Gg i że jest stosowana do opalania przeszło 700 kotłów i setek pieców przemysłowych (Investor... 2011; CER... 2011).

W ostatnich latach obserwuje się nawrót zainteresowań suspensjami węglowo-wodnymi nie tylko, jako zamiennika olejów opałowych i gazu ziemnego, ale także jako alternatywy

TABELA 1. Analiza struktury wydajności kotłów stosujących suspensję węglowo-wodną w Chinach

TABLE 1. The analysis of efficiency structure of the boilers in China using coal-water suspensions

Określenie	Wydajność kotła [Mg/h]											
	4	10	20–24	35	45	60–65	75	130	220	320	410	670
Ilość kotłów	8	11	3	2	2	5	2	1	6	3	2	3
Udział [%]	16,8	22,9	6,3	4,1	4,1	10,4	4,1	2,1	12,5	6,3	4,1	6,3
Zużycie suspensji [Gg/a]										$3 \cdot 320 = 600$	$2 \cdot 410 + 2 \cdot 220 = 1500$	$2 \cdot 670 = 1500$

Źródło: Zhou 2009

dla węgla poprzez możliwość wytwarzania z niego paliwa ekologicznego i sposobu obniżania emisji zanieczyszczeń gazowych.

Zainteresowanie wytwarzaniem i stosowaniem suspensji węglowo-wodnych wynikało /wynika między innymi z:

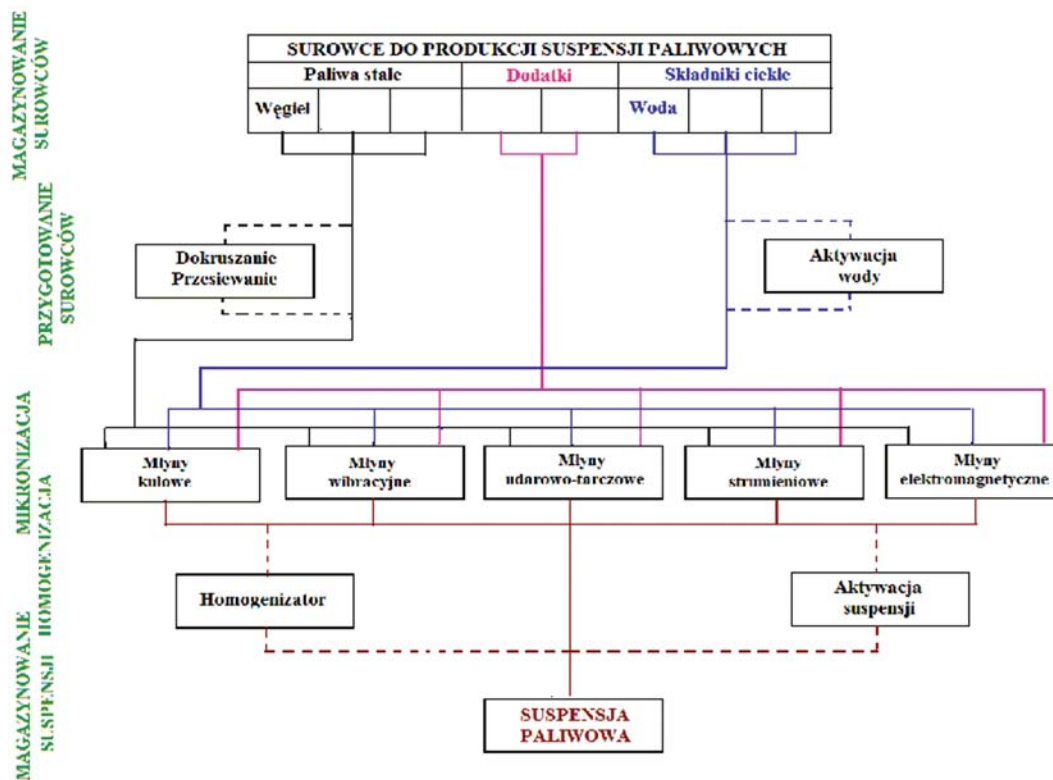
- ✧ konieczności zmniejszenia zużycia paliw płynnych (Włochy, Chiny, Ukraina);
- ✧ możliwości obniżenia kosztów spalania paliw płynnych (Włochy, Szwecja, ZSRR, Rosja);
- ✧ stosowanego systemu hydrotransportu węgla (m.in. USA, ZSRR);
- ✧ zagospodarowania silnie zawodnionych węgli i odpadów (Rosja, Francja, Polska);
- ✧ podwyższenia sprawności procesów spalania;
- ✧ obniżenia emisji zanieczyszczeń gazowych z kotłów opalanych węglem;
- ✧ potrzeb technologicznych np. przygotowanie wsadu do zgazowania węgla.

Przedkładany materiał stanowi posumowanie wyników badań i prac wdrożeniowych nad uruchomieniem produkcji suspensji węglowo-wodnej w skali przemysłowej.

## 1. Zakres wykonanych badań i produkcji doświadczalnej

Po przeanalizowaniu warunków poprawy jakości spalania węgla oraz możliwości zastępowania paliw płynnych w istniejących i nowobudowanych obiektach energetycznych Konsorcjum Przedsiębiorstw Robót Górniczych i Budowy Szybów w Mysłowicach powołało Zespół do opracowania technologii produkcji suspensji węglowo-wodnej.

Ze względu na to, że w kraju jest brak badań nad technologiami wytwarzania suspensji węglowo-wodnej przeprowadzono analizę stosowanych za granicą rozwiązań i opracowano program kompleksowych badań i prób, pod kątem ich wdrożenia dla przeróbki węgla kamiennych z uwzględnieniem istniejących w kraju warunków – rysunek 1.



Rys. 1. Schemat realizacji studiów i badań w zakresie warunków wdrożenia technologii produkcji suspensji węglowo-wodnej

Fig. 1. The scheme of conducting tests and studies in the scope of implementing the technology of coal-water suspensions production

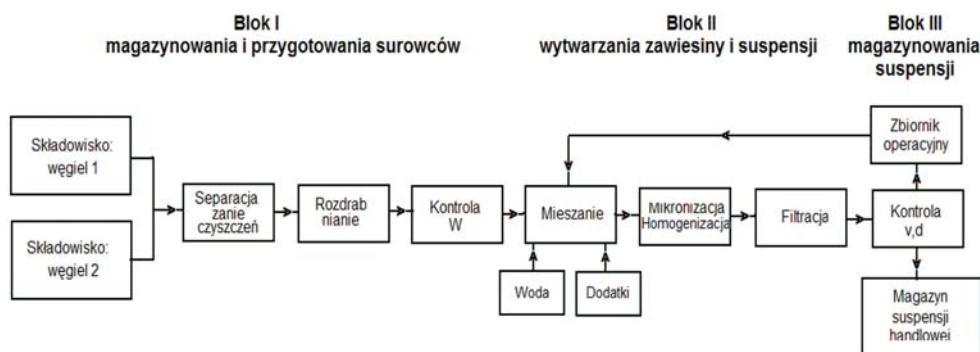
Prowadzone badania i próby na urządzeniach modelowych i przemysłowych pozwoliły na skonkretyzowanie schematu technologicznego produkcji i zastosowania suspensji węglowo-wodnej z węgla kamiennego, obejmującego:

- ❖ blok I, magazynowania i przygotowania surowców;
- ❖ blok II, sporządzania zawiesiny i wytwarzanie suspensji węglowo-wodnej;
- ❖ blok III, magazynowania i dystrybucji suspensji węglowo-wodnej;
- ❖ blok IV, magazynowania i przygotowania suspensji węglowo-wodnej do spalania.

Schemat blokowy wytwarzania suspensji węglowo-wodnej ilustruje rysunek 2.

Dla docelowej instalacji przemysłowego wytwarzania suspensji węglowo-wodnej dokonano doboru podstawowych urządzeń i wyposażenia technicznego, gwarantujących produkcję suspensji w ilości 10 do 20 Mg/h. Doskonalenie technologii i weryfikacje wytypowanych podstawowych urządzeń jest prowadzona na instalacji doświadczalnej o wydajnościach 1 do 8 Mg/h.

W dotychczas prowadzonych analizach rozwiązań wyeliminowano stosowanie młynów kulowych i prętowych oraz młynów wibracyjnych do przemiału węgla i homogenizacji



Rys. 2. Schemat technologiczny wytwarzania suspensji węglowo-wodnej

Fig. 2. Technological scheme of producing coal-water suspension

zawiesin węglowo-wodnych, jako urządzeń bardzo energochłonnych i wymagających stosunkowo dużych uzupełnień elementów narażonych na ścieranie. Zdając sobie sprawę, że koszty tradycyjnego przemiału węgla stanowią znaczącą pozycję w kosztach wytwarzania suspensji, przeprowadzono szereg badań, które potwierdziły możliwość obniżenia tych kosztów i stały się podstawą do dokonania zgłoszenia patentowego (Sposób... 2013).

W docelowej instalacji pilotowej, w zależności od zapotrzebowania na suspensję i dostępności określonego węgla oraz polityki cenowej na paliwa, założono dwa ciągi technologiczne z różnymi agregatami mieląco-homogenizującymi, z możliwością włączenia trzeciego agregatu.

W zależności od wielkości zapotrzebowania, zakłada się systematyczne (uzgodnione) dostawy suspensji węglowo-wodnej do odbiorcy lub/i budowę instalacji tworzenia suspensji przy wybranym obiekcie energetycznym.

## 2. Właściwości fizykochemiczne suspensji węglowo-wodnej

Właściwości handlowych suspensji węglowo-wodnych zazwyczaj ograniczone są do określenia zawartości węgla, lepkości, wartości opałowej, zapopielenia i zawartości siarki, co ilustruje tabela 2. Natomiast, na potrzeby opracowania technologii produkcji i spalania suspensji węglowo-wodnej konieczny jest większy zakres badania węgla branych pod uwagę jako surowca, optymalizacji mikronizacji węgla i tworzenia suspensji węglowo-wodnych oraz czynników wpływających na stabilność suspensji.

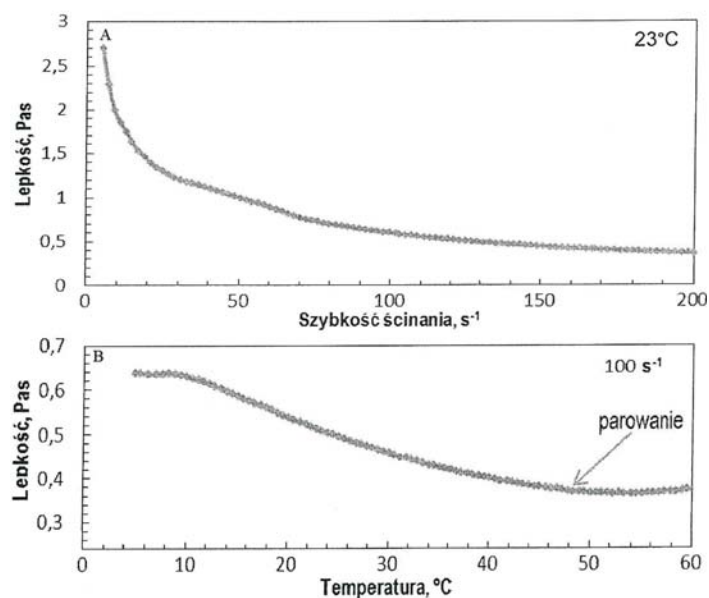
Badania kilku rodzajów węgla i różnych technologii ich mikronizacji wykazują duży ich wpływ na właściwości uzyskiwanych suspensji. Ważną właściwością suspensji jest ich lepkość, która zależy nie tylko od temperatury, ale także od szybkości ich ścinania (rys. 3).

Wpływ temperatury praktycznie jest ograniczony do zakresu 5 do 60°C; niższa temperatura od 5°C prowadzi do zamarznięcia i najczęściej zniszczenie struktury suspensji; w warunkach badań natomiast przy temperaturze wyższej od 60°C następował rozkład

TABELA 2. Charakterystyka fizykochemiczna suspensji węglowo-wodnych

TABLE 2. Physicochemical characteristics of coal-water suspensions

L.p.	Właściwość	Chiny	Rosja			Konsorcjum
			Inskaja	Bielowo- -Nowosibirsk	Amalthea	
1.	Skład suspensji [%]:					
1.1.	– zawartość węgla	>60,1	55,6	57–65	50–68	55–61
1.2.	– zawartość popiołu	<10,0	18,0	12–18	8	5,8
1.3.	– zawartość siarki	<0,8	–	–	–	0,28
1.4.	– zawartość dodatków	≤1	–	1,5	<1	0,0
2.	Zawartość ziaren [%]					
2.1.	< 250 μm	–	–	–	–	>98,0
2.2.	< 45 μm	80–85	19,3	–	–	>88,0
2.3.	– granice uziarnienia [μm]	38	0–350	–	20–120	0–200
3.	Lepkość dynamiczna [cPs] przy szybkości ścinania 100 s <sup>-1</sup> i 20°C	1 200±200	1 000	<800	750–1 200	800–1 100
4.	Wartość opałowa [kJ/kg]	>17 000	12 870		12 600–18 900	15 500–18 000
6.	Trwałość suspensji miesiące [dni]	3	–	24	[5]	[5]



Rys. 3. Zależność lepkości suspensji węglowo-wodnej od szybkości ścinania „A” i temperatury „B”

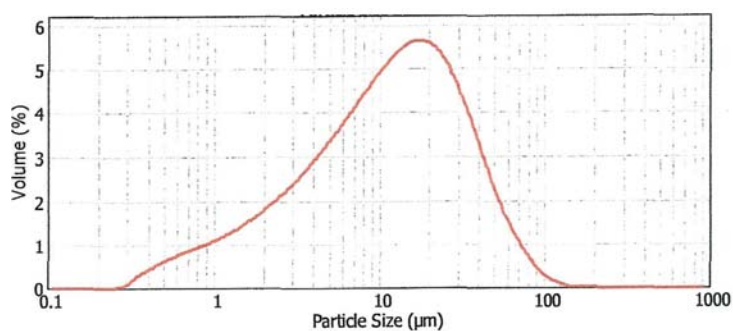
Fig. 3. Correlation between the viscosity of the coal-water suspension of shear velocity “A” and temperature “B”

suspensji i odparowanie wody. Ważną obserwacją jest zachowanie się suspensji w zależności od szybkości ścinania; wzrost szybkości ścinania prowadzi do spadku lepkości dynamicznej suspensji; wielkość tych zmian w obszarze wzrostu szybkości ścinania od 20 do 200 s<sup>-1</sup> rejestrowano spadek lepkości w zakresie 2,5 do 9,4 raza.

Niejednokrotne oceny płynności (pompowności) suspensji w stanie bezruchu nie jest miarodajną i wymaga uwzględnienia oceny płynności suspensji znajdującej się w ruchu, z tych to między innymi powodów w wymaganiach technicznych na suspensje handlowe podawany jest pomiar lepkości przy prędkości 100 lub/i 200 s<sup>-1</sup>.

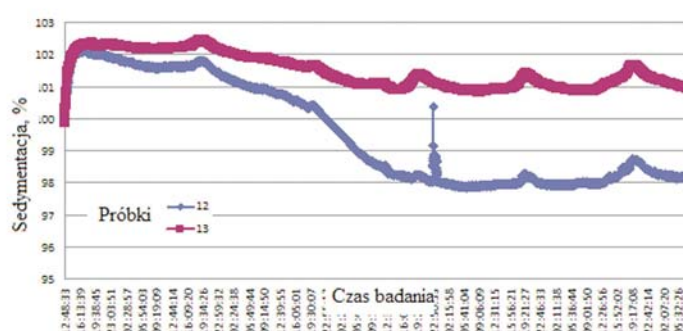
Bardzo ważnym parametrem jakości suspensji jest uziarnienie zawartego węgla. Z jednej strony wysokie rozdrobnienie węgla będzie silnie wpływało na efektywność spalania suspensji, ze wzrostem rozdrobnienia maleje wielkość niedopału (koksiku) w produktach spalania. Z drugiej strony stopień rozdrobnienia węgla wpływa na lepkość i stabilność suspensji (rys. 4).

W zależności od zastosowanego węgla, stopnia ich mikronizacji i homogenizacji uzyskiwane suspensje charakteryzowały się różną stabilnością układu zawiesinowego (rys. 5).



Rys. 4. Charakterystyka ziarnowa węgla w suspensji węglowo-wodnej

Fig. 4. Characteristics of coal fractions in coal-water suspension



Rys. 5. Porównanie stabilności struktury suspensji węglowo-wodnych oznaczanych na aparacie Sedimentation Analyzer RF-3000

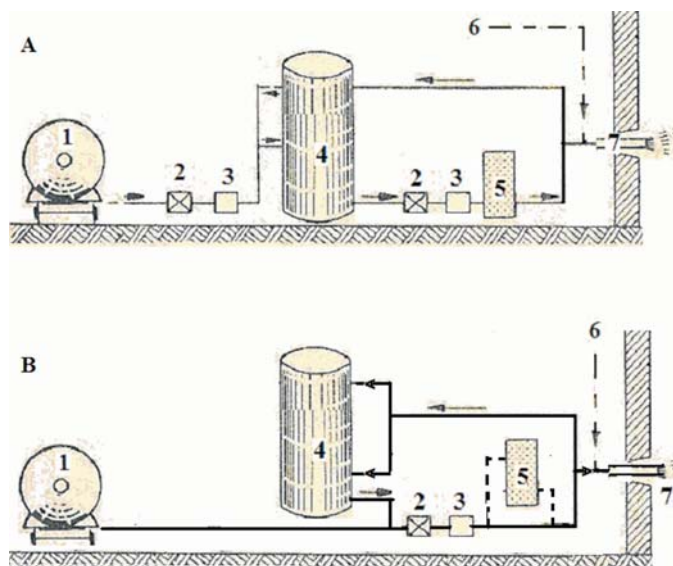
Fig. 5. Comparison of stabilities of the coal-water suspension's structure measured by the Sedimentation Analyzer RF-3000

Na właściwości reologiczne i stabilność suspensji węglowych można w znacznym stopniu wpływać stosując odpowiednio dobrane dodatki obniżające lepkość (plastyfikatory) i stabilizujące zawiesiny węgla w wodzie (stabilizatory). Dodatek tego rodzaju substancji w ilości do 1–1,5% liczony na zawarty węgiel znacząco poprawia właściwości uzyskiwanych suspensji, lecz niestety może w istotny sposób wpływać na wzrost ceny suspensji. Z tych to powodów, rozpowszechnione jest okresowe recyrkulowanie zmagazynowanych w zbiornikach suspensji bez dodatków. Charakterystykę wytwarzanych suspensji węglowo-wodnych przytacza tabela 2.

### 3. Kierunki stosowania suspensji węglowo-wodnych

Z pośród wielu wymienionych wcześniej kierunków zagospodarowania suspensji węglowo-wodnych, w warunkach naszego kraju, najbardziej interesującymi są:

- ✧ zastępowanie olejów opałowych i gazu ziemnego;
- ✧ zastępowanie węgla w tych przypadkach, gdy przekraczane są wskaźniki emisyjne (szczegóły rozdz. 4);
- ✧ współspalanie z innymi paliwami, jako paliwo podtrzymujące spalanie, podwyższające sprawność procesów spalania itp.



Rys. 6. Schemat instalacji magazynowania i przygotowania do spalania suspensji węglowo-wodnej  
 A – instalacja dla dużych odbiorców; B – instalacja dla małych odbiorców;  
 1 – cysterna/kontener; 2 – filtr; 3 – pompa; 4 – zbiornik suspensji; 5 – podgrzewacz;  
 6 – powietrze sprężone/para wodna; 7 – palnik

Fig. 6. Scheme of the installation for storage and preparation for combustion of coal-water suspension



Zakres prac adaptacyjnych na kotłach lub piecach zależy od wielu czynników, w tym od tego:

- ✧ czy zastosowana suspensja będzie paliwem podstawowym czy paliwem uzupełniającym;
- ✧ czy zastosowana suspensja ma zastąpić olej opałowy lub gaz;
- ✧ czy zastosowana suspensja ma zastąpić stosowany węgiel.

W szeregu tych przypadków koniecznym jest wyposażanie kotłów w instalację rozpałkową (gaz, lekki olej opałowy).

Zastosowanie suspensji w kotłach opalanych olejami lub gazem wymaga instalacji do przyjmowania, składowania i przygotowania suspensji do spalania (rys. 6) oraz rozbudowy ciągu spalinowego o urządzenia odpylające spaliny oraz zabudowy odżuźlacza. Dla zmniejszenia zakresu modernizacji można zastosować przedpalenisko, pozwalające na rozwiązanie problemu wydzielającego się żużla i znaczne zmniejszenie ilości popiołu lotnego w spalinach. Jeżeli suspensja zawiera poniżej 5% popiołu, istniejące układy odpopielania kotłów mazutowych są zazwyczaj wystarczające.

W przypadku zastosowania suspensji do opalania węglowych kotłów rusztowych, pyłowych i fluidalnych istniejąca instalacja nawęglania wymaga uzupełnienia tylko o instalację przyjmowania, składowania i przygotowania suspensji do spalania.

We wszystkich wymienionych przypadkach do rozpylania i spalania suspensji węglowo-wodnych stosowane są odpowiedniej konstrukcji palniki, zazwyczaj z czynnikiem rozpylającym, jakim jest sprężone powietrze lub para wodna.

## 4. Aspekty ekonomiczne i ekologiczne stosowania suspensji węglowo-wodnych

W warunkach krajowych, brak wyników z badań i prób z pełnego „cyklu produkcji i zastosowania” suspensji węglowo-wodnych utrudnia dokonanie obiektywnej oceny efektów ekonomicznych i ekologicznych. W tej sytuacji interesującymi są wyniki uzyskiwane w zagranicznej energetyce (tab. 3).

W warunkach Chin i Rosji obniżka kosztów wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej wynika z różnic cen pomiędzy analizowanymi paliwami i wahają się w szerokim zakresie od 30 do 60%.

Wykonana przez Foster Wheeler analiza kosztów budowy w USA elektrociepłowni opalanej węglem i suspensją węglowo-wodną, w porównaniu do opalanej olejem, nie tylko wykazała duże oszczędności na paliwach, ale także na kosztach adaptacji kotłów na omawiane paliwa. W przypadku kotła opalanego suspensją węglowo-wodną czas zwrotu nakładów wynosił 2,5 roku a opalanego węglem 3,1 roku; natomiast bez uwzględniania kosztów odsiarczania spalin czasy zwrotu nakładów przedstawiały się następująco 1,0 i 2,3 lata.

TABELA 3. Porównanie efektów stosowania suspensji węglowo-wodnej z paliwami tradycyjnymi

TABLE 3. Comparison of the effects of using coal-water suspension with traditional fuels

Określenie	Chiny			Rosja	
Cena paliw [\$/Mg] [\$/1000 m <sup>3</sup> ):					
– węgiel kamienny	–	103		100	
– węgiel brunatny	–	–		30	
– olej opałowy	298,0	591		750 (mazut M-100)	
– gaz ziemny	–	[440]		[500]	
– suspensja ww	99,9	125		57–65	
Koszt energii:	\$/Gcal	\$/Gcal	–	–	–
– cieplnej [\$/Gcal], [\$/Mg pary]	–	–	–	[\$/Mg pary]	–
– elektrycznej [\$/MWh]	–	–	\$/MW	–	–
– gaz ziemny	–	52	121	Kocioł KZ-120	DKWR – 6,5–13
– olej opałowy	23,4	62	143	51,4	–
– suspensja	16,5	28	66	–	61,5
– węgiel	–	21	58	23,6	22,0
Obniżka kosztów [%]					
– względem oleju	29,6	46,1	54	–	62,2
– względem gazu	–	54,8	45	54,2	–

Obecność ziaren węgla w wodzie umożliwia dobre rozpylenie paliwa w komorze paleniskowej. Duże rozdrobnienie ziaren węgla, decyduje o szybkim ich suszeniu, odgazowaniu, zapłonie i paleniu się. Obecność wody w suspensji, w warunkach spalania węgla, wpływa także na zachodzące reakcje chemiczne w wyniku czego w produktach spalania w minimalnych ilościach występuje CO, H<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> oraz niespalony węgiel (koksik).

Proces spalania suspensji w porównaniu do spalania samego węgla przebiega w niższej temperaturze o 100 do 150°C, pomimo stosunkowo wysokiej ich temperatury zapłonu (450–650°C) i palenia (950–1050°C).

Wszystkie te czynniki zapewniają wysoką sprawność termiczną wykorzystania paliwa (powyżej 98%) oraz znacząco wpływają na obniżenie emisji NO<sub>x</sub> w spalinach (25–50%).

Pomiary zasilania spalin z kotła ciepłowniczego w którym zastąpiono olej opałowy suspensją węglowo-wodną, wykazały obniżenie emisji SO<sub>2</sub> przeszło dwukrotne (węgiel 0,35% S; mazut 1–2% S). W przypadku zastosowania suspensji w kotle opalanym węglem stwierdzono, że popiół lotny zawierał poniżej 4,8% części palonych, gdy popioły lotne ze spalania tego typu węgla w podobnych kotłach zawierają 50% i więcej części niespalonych.

## Podsumowanie

Znaczącą ekologiczną alternatywą dla węgla jest wdrożenie do spalania suspensji węglowo-wodnych. Poprzez dobór węgla można w szerokim zakresie regulować i kształtować właściwości suspensji. Stosując węgiel wysokiej jakości uzyskujemy suspensje, które mogą zastępować oleje opałowe i gaz, a w przypadku zastosowania w zamian węgla mogą powodować wzrost sprawności procesów spalania i duże obniżenie emisji zanieczyszczeń do zagospodarowania i poprawienie efektywności energetycznej ich spalania.

Wykonane badania i próby na urządzeniach pilotowych i przemysłowych z krajowymi węglami pozwoliły opracować prostą technologię wytwarzania suspensji węglowo-wodnych. Analizy porównawcze właściwości otrzymywanych suspensji bez dodatków uszlachetniających z zagranicznymi suspensjami wykazują ich równocześnieść. W miarę rozwoju zainteresowania i zapotrzebowania na suspensje węglowo-wodne będą kontynuowane prace nad doskonaleniem ich jakości za pomocą dodatków poprawiających właściwości reologiczne i zwiększających trwałość układów zawieszinowych suspensji; niestety ich zastosowanie wpłynie na relacje cenowe pomiędzy rozważanymi paliwami.

Dla zrealizowania pełnego „cyklu produkcji i zastosowania” suspensji węglowo-wodnej duże znaczenie posiadają przygotowywane i uzyskane wyniki z prób spalania suspensji w paleniskach kotłowych i piecach. W ten sposób będzie można zweryfikować dotychczasową wiedzę o efektach ekonomicznych i ekologicznych stosowania suspensji w zastępstwie paliw płynnych i tradycyjnego węgla.

## Literatura

- ALEKSEENKO S.V., 2011 – Novel approaches to combustion of organic fuels. 7 International Seminar on Flame Structure July 11–15, 2011 and First Young Researchers' School on Flame Study July 11–19. Novosibirsk, Russia.
- BRUJEW i in. 1994 – BRUJEW G.G., KOLESNIKOWA S.M., BARANOW M.Ł., 1994 – Połączenie wodougotnych suspenzji z smiesi kuznieckowo i kamsko-aczinskowo uglej. Ugol nr 11.
- CER Report, 2011 – Sinco Clean Energy Inc. April
- ERCOLANI D., 1990 – Siberian coal-water fuel pipeline heads CWF challenge. MPS May
- ERCOLANI i in. 2003 – ERCOLANI D., CARNIANI E., DONATI E., 2003 – Palne zawiesiny wodno-węglowe. Wiadomości Górnicze nr 2.
- ERCOLANI D., TIBERIO U., 1994 – Start-up and initial operating experience of Port Torres integrated plant for production and utilization of beneficiated coal-water fuels. The 19 International Technical Conference Coal Utilization & Fuel Systems “The Greening of Coal. March 21–24 Florida, USA.
- HYCNAR J.J., 2001 – Ciekłe paliwo węglowe – suspensje węglowo-wodne. Wiadomości Górnicze nr 2.
- Investor presentation, 2011 – Sinco Clean Energy Inc. April
- KHODAKOV G.S., 2007 – Coal-water suspensions in power engineering. Thermal Engineering, 54(1), 36–47 i oryginał w j. rosyjskim w Tieploenergetika 2007, nr 1.

- KIJO-KLECZKOWSKA A., 2010 – Analiza procesu atomizacji zawiesinowego paliwa węglowo-wodnego, *Energetyka* nr 5.
- KUMAR SINGH A., 2012 – Rheological investigation of coal water slurries with and without additive. Thapar University Patiala – 147004, INDIA. July.
- MOROZOW A.G., KORIJENJUGINA N.W., 2009 – Gidroudarnyje technologii w proiwodstwie wodougolnowo topliwa. *Ugol* nr 11.
- MOROZOW A.G., 2012 – Wodougol – Sowriemiennyje podchody k ispolzowaniju. OOO Amaltea Serwis Moskwa 06 Czerwiec.
- MOSIN S.I., MOROZOW AA.G., DIRLAGIN G.N., 2008 – Rossijskij opyt wniedrienija promyslennoj technologii proizwodstwa wodougolnowo topliwa. *Nowostki Tiejlosnabżienija* nr 9.
- PUZYRIEW i in. 2001 – PUZYRIEW Je. M., MURKO W.I., ZAWJAGIN W.N., FEDJAJEW W.I., BROWCZIENKO S.A., DZIUBA D.A., NIECHOROSZIJ I.CH., AGLIULIN W.N., 2001 – Rezultaty opytno-promyslennykh ispytanij raboty mazutowo kotła DKWR 6,5/13 na wodougolnom topliwie. *Tiejloenergetika* nr 2.
- SOEDJANTO P.H., ZHOU Z., 2008 – Application of coal water slurry in power generation. Zhejiang University, Hangzhou, China.
- SERANT i in. 2008 – SERANT F., AGAPOV K., KUŻMIN A., OVCHINNIKO YU., PUGACH L., 2008 – Development and application of promising technologies for firing coal-water fuels. *Coal-Gen Europe* Warsaw July.
- Sposób otrzymywania suspensji węglowo-wodnej. Projekt zgłoszenia w UP nr P. 402768. 2013.
- ŚLĄCZKA A., 2004 – Reologia zawiesiny węglowo-wodnej o dużym zagęszczeniu. *Inżynieria Mineralna* styczeń-czerwiec.
- TRASS O., 1997 – Beneficiated coal slurry fuels – Overview and prospects. XIV International Pittsburgh Coal Conference. Pittsburgh.
- TRUBECKIJ i in. 2008 – TRUBECKIJ K.N., ZAIDENWARG A.S., KONDRATIEW A.S., MURKO W.I., KASSIICHIN G.A., NIECHAROSZIJ I.CH., 2008 – Wodougolnoje topliwo – rezultaty razrabotki i perspektiwy primienienija w Rossii. *Tiejloenergetika* nr 5 in 2008.
- TRUBETSKOY i in. 2002 – TRUBETSKOY K.N., MURKO V.I., ZAIDENWARG V.E., NEKHOROSHY I.K., KORZHOV V.M., 2002 – Production of coal-warer fuel in a coal preparation plant. XIV International Coal Preparation Congress and Exhibition. South African Institute of Mining and Metallurgy.
- WIBBERLEY i in. 2008 – WIBBERLEY L., PALFREYMAN D., SCAIFE P., 2008 – Efficient use of coal water fuels. CSIRO Energy Technology Australia April.
- ZHOU Z., 2009 – The application .. Zhejiang University, Hangzhou, China.
- YUHI i in. 2007 – YUHI W., LI B., LI W., CHEN H., 2007 – Effects of Coal Characteristics on the Properties of Coal Water Slurry. *Coal Preparation* vol. 25, is. 4.

Andrzej MICHALIK, Jan J. HYCENAR, Henryk KULA, Andrzej FRAŚ,  
Leopold SIKORA

## The scope and conditions of using coal-water suspensions

### Abstract

In recent years, there can be observed a growing interest in production and application of the coal-water suspensions for combustion in furnaces and boilers as the substitutes for fuel oil, natural gas and coal. These activities aim at reducing cost of energy generation and in case of substitution of coal – also at reducing the emissions of the pollutants to the environment.

The paper presents the results of tests and trials on the development of the industrial technology for production of the coal-water suspension. This technology, in comparison with the commonly used ones, is characterized by lower costs of suspension production and a simpler process flow. The properties of the obtained suspensions depend on many factors such as quality of the used coal, the content and level of coal micronization, the method of micronization and homogenization and the conditions of suspension storage. For evaluating the quality of a coal-water suspension as a fuel the most important parameters are: coal content, viscosity, calorific value, ash and sulfur content, slurry stability.

The next phase leading to the application of the slurries for combustion in furnaces and boilers is conducting combustion trials at selected sites what will help in determining the possibilities of their adaptation to the new fuel, as well as in verifying the assumed economic and environmental effects.

KEY WORDS: coal-water suspensions, coal-water slurries, coal-water fuel, properties of coal-water suspensions, technology of production coal-water suspensions

