

Jan SZPYRKA\*, Aleksander LUTYŃSKI\*\*

## Badanie wzbogacania depozytów mułów węglowych

**STRESZCZENIE.** W artykule przedstawiono wyniki badań nad wzbogacaniem mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Badania przeprowadzono w skali laboratoryjnej oraz półtechnicznej. W analizie wykorzystano trzy metody: metodę wzbogacania w polu siły odśrodkowej, w hydrocyklonie klasyfikująco-zagęszczającym i klasyfikatorze odśrodkowym, metodę wzbogacania strumieniowego we wzbogacalniku zwojowym typu Reichert LD4 oraz metodę fizykochemiczną – flotację. W każdej metodzie uzyskano istotnie różne efekty. Najlepsze wyniki wzbogacania uzyskano stosując metodę flotacji. Uzyskane wychody koncentratu wyniosły średnio około 64%. Wartość opałowa koncentratu wyniosła około 25 000 kJ/kg, a zawartość popiołu około 22%. W badaniach flotacyjnych stwierdzono stosunkowo wysoki poziom zawartości popiołu w odpadach. Badania wykazały także, że flotacji nie można zastosować do wszystkich badanych materiałów.

Zdecydowanie mniej korzystne wyniki uzyskano wzbogacając muły w klasyfikatorze odśrodkowym i wzbogacalniku zwojowym typu Reichert LD4.

Z materiału podawanego na te urządzenia wydzielono w hydrocyklonie ziarna poniżej 0,1 mm. Średni wychód koncentratu w procesie wzbogacania wyniósł dla spirali Reicherta około 25%, a dla klasyfikatora odśrodkowego około 22%. Uzyskane wartości opałowe koncentratów wyniosły odpowiednio 22 687 i 22 846 kJ/kg. Zawartość popiołu w koncentratkach wyniosła około 25 i 22%. Stwierdzono również stosunkowo niską zawartość popiołu w odpadach, wyniosła ona średnio około 48 i 58%.

Badania wykonano w ramach projektu rozwojowego Nr N R09 0006 06/2009 pt: „Identyfikacja potencjału energetycznego depozytów mułów węglowych w bilansie paliwowym kraju oraz strategia rozwoju technologicznego w zakresie ich wykorzystania”. Projekt ten realizowany jest przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego we współpracy z Katedrą Przeróbki Kopaliny i Utylizacji Odpadów Politechniki Śląskiej od sierpnia 2009 roku.

---

\* Dr inż., \*\* Prof. dr hab. inż. – Politechnika Śląska.

SŁOWA KLUCZOWE: metody wzbogacania, depozyty mułów węglowych

## Wprowadzenie

W większości powszechnie stosowanych metod wzbogacania grawitacyjnego w zakresie najdrobniejszych frakcji skutecznie rozdziela się ziarna większe od 0,1mm. Poniżej tej granicy, przy zachowaniu odpowiednich parametrów technologicznych oraz przede wszystkim przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń (wprowadzenie dodatkowo siły odśrodkowej) można prowadzić skuteczny rozdział grawitacyjny dla ziarn mniejszych, różniących się znacznie gęstością.

Najnowsze technologie wzbogacania grawitacyjnego, wykorzystujące siłę odśrodkową, pozwalają na znaczne obniżenie dolnej granicy wielkości skutecznie wzbogacanych ziarn. Są to technologie z zastosowaniem urządzeń firm Mozley, Falcon, Knelson i Kelsey. Technologie te nie są stosowane w Polsce.

W niniejszym opracowaniu przedstawione zostały wyniki badań wzbogacania mułów węglowych pozyskanych z dwudziestu osadników ziemnych. Badania wykonano w Katedrze Przeróbki Kopalni i Utylizacji Odpadów Politechniki Śląskiej w ramach projektu rozwojowego Nr N R09 0006 06/2009 pt: „Identyfikacja potencjału energetycznego depozytów mułów węglowych w bilansie paliwowym kraju oraz strategia rozwoju technologicznego w zakresie ich wykorzystania”. Projekt realizowany jest przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego we współpracy z Katedrą Przeróbki Kopalni i Utylizacji Odpadów Politechniki Śląskiej.

Celem realizowanego projektu jest identyfikacja ilości i jakości mułów nagromadzonych w osadnikach ziemnych na terenach eksploatacji górniczej oraz oszacowanie ich potencjału energetycznego. Zbiorniki ziemne są efektem wieloletniej działalności zakładów wzbogacania węgla. Zgromadzone w nich zostały odpady mułowe oraz poflotacyjne o uziarnieniu < 1 (0,5) mm. Wynika to z faktu, że do czasów przemysłowego opanowania flotacji węgla koksowych – a więc do lat trzydziestych ubiegłego wieku – z urobku nie można było usunąć znanymi metodami przeróbczymi czystego kamienia, który wydatnie pogarszał jakość koksu. Z tego względu ziarna poniżej 1 mm traktowane były jako odpad. Jako odpad uznawane były także ziarna najdrobniejsze węgla energetycznych, ponieważ niemożliwe było spalanie tych ziarn w kotłach rusztowych.

Muły węglowe nagromadzone w osadnikach ziemnych stanowią jednak pewien potencjał energetyczny (Baic i in. 2011; Sobko i in. 2011), który należy efektywnie wykorzystać. Pozyskanie substancji węglowej w procesie wzbogacania mułów jest jednym ze sposobów odzysku energii.

## 1. Opis przeprowadzonych badań

Badania wzbogacania mułów węglowych przeprowadzono w skali laboratoryjnej oraz półtechnicznej. W analizie możliwości wzbogacania mułów wykorzystano trzy metody:

- ✧ metodę wzbogacania w polu siły odśrodkowej, z wykorzystaniem hydrocyklonu klasyfikująco-zagęszczającego i klasyfikatora odśrodkowego,
- ✧ metodę wzbogacania strumieniowego we wzbogacalniku strumieniowym, zwojowym typu Reichert LD4,
- ✧ metodę fizykochemiczną – flotację.

### **Wzbogacanie w hydrocyklonie**

Badania możliwości wzbogacania mułów w hydrocyklonie klasyfikująco-zagęszczającym o średnicy  $\varnothing 150$  mm przeprowadzono na stanowisku laboratoryjnym. Nadawa o dobranym zagęszczeniu podawana była pompą do hydrocyklonu pod stałym ciśnieniem hydrostatycznym. Przed przystąpieniem do badań nad właściwymi materiałami wykonano próby na materiałach odpadowych o podobnych parametrach i właściwościach, w celu określenia przedziału najkorzystniejszych zagęszczeń nadawy oraz intensywności podawania nadawy (ciśnienia zasilania). Ustalono, że najkorzystniejszym zagęszczeniem dla wzbogacanego materiału jest  $150 \text{ g/dm}^3$ . Stanowisko przeznaczone było do rozdziału mułów o górnej granicy uziarnienia 1(2) mm.

Wyniki badań wzbogacania mułów w hydrocyklonie podano w tabeli 1 i 2.

W procesach wzbogacania grawitacyjnego jakość koncentratów pogarsza się w obecności najdrobniejszych, niewzbogaconych ziarn ( $<0,1$  mm), które w większości trafiają z ziarnami węgla do koncentratów. Poprawę jakości koncentratów można uzyskać odmulając nadawę kierowaną do wzbogacania lub odmulając uzyskane koncentraty. Odmulenia materiału dokonano w hydrocyklonie klasyfikującym.

### **Wzbogacanie w klasyfikatorze strumieniowym i wzbogacalniku strumieniowym**

Materiał uzyskany jako koncentrat w badaniach na stanowisku z hydrocyklonem wykorzystano w badaniu możliwości wzbogacania mułów w klasyfikatorze odśrodkowym i wzbogacalniku strumieniowym.

Klasyfikator odśrodkowy jest urządzeniem do wzbogacania z wykorzystaniem siły odśrodkowej. Jest on przeznaczony do rozdziału mułów o górnej granicy uziarnienia 1(2) mm. Klasyfikator odśrodkowy działa na zasadzie wytworzenia wiru przez układ odpowiednio wyprofilowanych łopatek osadzonych na pionowym wale. Wał wprawiany jest w ruch obrotowy za pomocą silnika elektrycznego z przekładnią pasową, która umożliwia zmianę ilości obrotów wirnika. Układ łopatek pracuje w stożkowej komorze, do której doprowadzana jest pod ciśnieniem nadawa. Komora jest usytuowana w zbiorniku cylindryczno-stożkowym z przelewem na obwodzie, odprowadzającym produkt lekki w postaci zawiesiny najdrobniejszych lub najlżejszych ziarn w zależności od ustawionego reżimu pracy urządzenia. Wewnętrzny stożek zakończony jest dyszą wylewową, odprowadzającą ziarna ciężkie do stożka zewnętrznej komory roboczej, która ma regulowany odbiór nagro-

TABELA 1. Parametry jakościowe produktów klasyfikacji mułów w hydrocyklonie klasyfikująco-zagęszczającym o średnicy 150 mm. Zagęszczenie nadawy 150 g/l

TABLE 1. Quality parameters of slime coal classification in hydrocyclone classifier-separator of a diameter of 150 mm. Feed density 150 g/dm<sup>3</sup>

Osadnik	Wylew		Przelew		Nadawa
	wychód $\gamma_k$	zawartość popiołu $A^a$	wychód $\gamma_o$	zawartość popiołu $A^a$	zawartość popiołu $A^a$
	%	%	%	%	%
K13	47,50	31,64	52,50	35,93	33,89
K14	55,58	26,12	44,42	47,53	35,63
0K12	49,52	39,64	50,48	45,94	42,82
K18/1	50,03	57,45	49,97	68,84	63,14
K18/2	59,66	71,63	40,34	74,01	72,59
K11/1	51,05	42,51	48,95	55,30	48,77
K3/1	77,35	43,87	22,65	53,63	46,08
K3/2	63,40	56,87	36,60	62,17	58,81
K2	57,89	25,13	42,11	44,34	33,22
K17	44,23	46,22	55,77	61,82	54,92
K1	52,08	43,91	47,92	47,96	45,85
K4/1	50,58	32,20	49,42	24,00	28,15
K4/2	59,24	24,21	40,76	34,78	28,52
K4/3	57,43	22,36	42,57	34,88	27,69
K5/1	45,61	30,96	54,39	42,80	37,40
K5/2	47,57	34,88	52,43	38,28	36,66
K5/3	50,50	34,21	49,50	38,07	36,12
K5/4	50,74	35,67	49,26	37,29	36,47
K11/2	43,79	48,63	56,21	62,90	56,65
K6	47,50	44,06	52,50	51,77	48,11
średnio	53,10	39,60	46,94	48,11	43,57

madzonego produktu. Przez górną krawędź stożka wydostają się ziarna lekkie (najdrobniejsze), które unoszone są powolnym ruchem wirowym w kierunku krawędzi przelewowej głównej (zewnętrznej) komory roboczej. Nadawa o dobranym zagęszczeniu podawana jest pompą do stożka naporowego z przelewem zapewniającym utrzymanie stałego ciśnienia hydrostatycznego. Produkty odbierane są grawitacyjnie do dwóch zbiorników.

TABELA 2. Parametry jakościowe koncentratu (wylewu z hydrocyklonu klasyfikująco-zagęszczającego) uzyskanego w wyniku klasyfikacji z ziarnem podziałowym około 0,1 mm

TABLE 2. Quality parameters of concentrate (underflow from hydrocyclone classifier-separator) obtained for classification of 0.1 mm sorted particle size

Nr osadnika	Koncentrat (wylew z hydrocyklonu)			
	wychód $\gamma_k$	zawartość popiołu $A^a$	zawartość siarki $S_c^a$	wartość opałowa $Q^a$
	%	%	%	%
K13	47,50	31,64	1,34	18 121
K14	55,58	26,12	0,76	20 362
K12	49,52	39,64	1,02	17 281
K18/1	50,03	57,45	0,58	9 295
K18/2	59,66	71,63	0,66	8 576
K11/1	51,05	42,51	0,96	15 990
K3/1	77,35	43,87	3,42	16 277
K3/2	63,40	56,87	2,04	12 027
K2	57,89	25,13	0,70	24 234
K17	44,23	46,22	1,09	13 444
K1	52,08	43,91	1,05	17 972
K4/1	50,58	32,20	0,35	24 363
K4/2	59,24	24,21	0,61	24,557
K4/3	57,43	22,36	0,83	25 501
K5/1	45,61	30,96	0,86	21 415
K5/2	47,57	34,88	0,85	21 085
K5/3	50,50	34,21	1,12	21 161
K5/4	50,74	35,67	1,06	21 844
K11/2	43,79	48,63	0,82	12 008
K6	47,50	44,06	0,74	18 022
średnio	53,10	39,60	1,04	16 950

Badania wzbogacania mułów wykonano dla zagęszczenia nadawy 100 i 150 g/dm<sup>3</sup>. W tabeli 3 zaprezentowano wyniki dla zagęszczenia nadawy 150 g/dm<sup>3</sup>, które uznano za korzystniejsze.

TABELA 3. Parametry jakościowe koncentratu wzbogaconego po odmuleniu w klasyfikatorze odśrodkowym dla zagęszczenia nadawy 150 g/l

TABLE 3. Parameters for separation of concentrate after sludge removal beneficiated in six coils LD4 of Reichert spiral separator for the feed density of 400 g/dm<sup>3</sup>

Nr osadnika	Koncentrat				Wychód koncentratu do całości $\gamma_{kc}$
	wychód $\gamma_o$	zawartość popiołu $A^a$	wartość opałowa $Q^a$	wilg higr. $W_{ex}$	
	%	%	kJ/kg	%	
K13	48,88	21,14	18916	5,32	23,22
K14	65,08	20,68	20654	5,46	36,17
K12	19,54	20,31	22042	4,11	9,68
K18/1	–	–	–	–	–
K18/2	–	–	–	–	–
K11/1	7,84	22,06	21043	5,71	4,00
K3/1	18,20	21,59	25840	1,26	14,08
K3/2	–	–	–	–	–
K2	83,67	20,47	24104	2,51	48,44
K17	6,59	21,68	18965	4,72	2,91
K1	15,84	19,93	25046	1,73	8,25
K4/1	55,41	20,47	24095	1,93	28,03
K4/2	78,61	21,14	24164	2,06	46,57
K4/3	89,92	21,56	24315	2,31	51,64
K5/1	54,23	20,46	24430	2,23	24,73
K5/2	45,68	21,51	24043	1,96	21,73
K5/3	51,41	21,86	23802	2,39	25,96
K5/4	43,33	21,15	24281	2,06	21,99
K11/2	6,12	22,35	18519	6,13	2,68
K6	17,62	21,82	24124	2,83	8,37
średnio	41,64	21,19	22846	3,22	22,26

Wzbogacanie strumieniowe przeprowadzono we wzbogacalniku Reicherta typu LD4. Stanowisko badawcze składało się ze zbiornika nadawy, wzbogacalnika strumieniowego LD4 o układzie dwóch koryt po sześć zwojów i przesiewacza odwadniającego.

Nadawa była podawana grawitacyjnie ze zbiornika z mieszadłem szybkoobrotowym i dodatkowo mieszana powietrzem ze sprężarki. Ruch mieszadła i strumień powietrza powodowały, że nadawa na spiralę nie osiadała w zbiorniku i miała stałe zagęszczenie.

Przed przystąpieniem do badań wykonano szereg prób, których celem było określenie przedziału najkorzystniejszych zagęszczeń nadawy, intensywności podawania nadawy do rynny roboczej oraz właściwych ustawień noży kierujących i odbieralników produktów rozdziału.

Badania przeprowadzono na materiałach z siedemnastu i dziewiętnastu osadników dla dwóch zagęszczeń nadawy kierowanej na spiralę – 300g/dm<sup>3</sup> i 400 g/dm<sup>3</sup>. Wyniki badań dla zagęszczenia nadawy 400 g/l uznano za korzystniejsze. Zamieszczono je w tabeli 4.

### **Flotacja**

Badania laboratoryjne mułów węglowych metodą flotacji przeprowadzone zostały we flotowniku laboratoryjnym o pojemności komory flotacyjnej wynoszącej 1 dm<sup>3</sup>. Zagęszczenie mieszaniny wodno-węglowej wynosiło 100g/dm<sup>3</sup>.

Doświadczenie pracowników Katedry, którzy prowadzą od lat badania procesu flotacji wskazuje na bardzo wysoką zbieżność wyników uzyskiwanych w badaniach laboratoryjnych z wynikami procesu flotacji uzyskiwanymi w warunkach przemysłowych.

W badaniach użyte zostały dwa odczynniki flotacyjne, najczęściej stosowane w procesach flotacji w zakładach przerobczych kopalń węgla kamiennego. W pierwszej kolejności wykonano serię badań wstępnych w celu ustalenia optymalnej dawki odczynnika flotacyjnego. Badania przeprowadzono dla dawki odczynnika: 0,4; 0,5 i 0,6 kg/tonę materiału suchego. Badania wykazały, że dla dawki odczynnika 0,6 kg/tonę materiału suchego uzyskano najlepszy efekt flotacji mułów węglowych.

Badania przeprowadzono dla wszystkich zidentyfikowanych osadników. Za pozytywny wynik badań flotowalności mułów uznano taki, dla którego 80% badanych próbek z danego osadnika wykazywało pozytywny efekt flotacji. Za pozytywny wynik flotacji mułów z jednego badanego osadnika uznawano taki, dla którego w 66% badanych prób uzyskano wychód na poziomie większym niż 30% , a zawartość popiołu w koncentracie z tych prób była mniejsza od 25%. Te warunki spełniały próbki z 12 osadników. Wyniki badań dla odczynnika 2, które uznano za korzystniejsze, zamieszczono w tabeli 5. W tabeli 6 podsumowano wyniki przeprowadzonych badań.

## **2. Analiza wyników badań**

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawione zostały w tabelach od 1 do 5. W tabeli 6 dokonano porównania wybranych wyników wzbogacania mułów węglowych różnymi metodami. Przedstawione wyniki dotyczą zarówno uzyskanego koncentratu jak i odpadów. Wydaje się, że dają podstawy do wnioskowaniu o skuteczności przyjętej metody wzbogacania.

TABELA 4. Parametry produktów wzbogacania materiału odmulonego, na sześciowojowej spirali Reicherta typu LD4 dla zagęszczenia nadawy 400 g/l

TABLE 4. Parameters of separation of concentrate after sludge removal beneficiated in six coils LD4 of Reichert spiral separator for the feed density of 400 g/dm<sup>3</sup>

Osadnik	Koncentrat				Nadawa	Wychód koncentratu w całości, $\gamma_{kc}$
	wychód $\gamma_o$	zaw. popiołu, $A^a$	wartość opałowa, $Q^a$	wilgoć higrosk. $W^{ex}$	zawartość popiołu, $A^a$	
	%	%	kJ/kg	%	%	
K13	61,15	21,10	18825	5,64	31,64	29,05
K14	73,12	22,14	20271	5,51	26,12	40,64
K12	35,62	21,86	21523	4,40	39,64	17,64
K18/1	8,69	22,07	21042	4,83	57,45	4,35
K18/2	28,43	22,81	20760	5,72	42,51	14,51
K11/1	29,14	21,20	25843	1,22	43,87	22,54
K3/1	9,21	23,81	24258	1,13	62,17	5,84
K3/2	86,12	20,47	24335	2,36	25,13	49,85
K2	19,63	21,45	19136	4,71	46,22	8,68
K17	27,47	22,31	24241	1,70	43,91	14,31
K1	60,25	20,33	24459	1,90	32,20	30,47
K4/1	84,38	22,52	23763	2,08	24,21	49,99
K4/2	91,33	21,84	24333	2,19	22,36	52,45
K4/3	65,61	23,26	23352	2,10	30,96	29,92
K5/1	57,63	22,27	23666	2,15	34,88	27,41
K5/2	58,73	21,46	24035	2,31	34,21	29,66
K5/3	52,35	21,39	24195	2,25	35,67	26,56
K5/4	16,11	20,82	18756	5,83	48,63	7,05
K11/2	29,42	21,35	24256	2,67	44,06	13,97
średnio	47,07	21,81	22687	3,19	35,66	24,99



TABELA 5. Wyniki wzbogacania mułów metodą flotacji

TABLE 5. Results of flotation tests

Nr osadnika	Zawartość popiołu w nadawie $A^a$ [%]	Wychód [%]	Zawartość popiołu $A^a$ [%]	Wartość opałowa koncentratu $Q^a$ [kJ/kg]
K3/2	50,8	44,8	22,7	24 687
K2	60,9	41,5	31,2	20 670
K17	27,2	73,7	14,5	27 620
K1	28,6	79,6	15,9	27 120
K4/1	28,6	81,1	16,4	26 880
K4/2	48,0	65,3	29,4	21 525
K4/3	60,9	41,5	31,2	24 520
K5/2	44,3	58,4	23,6	24 670
K5/3	36,7	71,7	19,2	25 875
K5/4	36,2	71,1	19,5	25 810
K11/2	37,3	70,0	19,3	25 845
K6	36,5	71,7	21,3	25 465

## Podsumowanie

Zaprezentowane metody wzbogacania pozwalają na uzyskanie istotnie różnych efektów. Najlepsze wyniki wzbogacania materiału uzyskano stosując metodę flotacji. Uzyskane wychody koncentratu wyniosły średnio około 64%. Wartość opałowa koncentratu wyniosła średnio około 25 000 kJ/kg, a zawartość popiołu około 22%. W badaniach tą metodą stwierdzono stosunkowo wysoki poziom zawartości popiołu w odpadach. Badania metodą flotacji wykazały także, że dwa standardowo stosowane odczynniki nie dają dobrych wyników dla wszystkich badanych materiałów. Wynika z tego, że wykorzystanie flotacji do wzbogacania innych drobnoziarnistych materiałów odpadowych ze wzbogacania węgla kamiennego wymaga poszukiwania nowych, skuteczniej działających odczynników (Fečko i in. 2011).

Zdecydowanie mniej korzystne wyniki uzyskano wzbogacając muły w klasyfikatorze odśrodkowym i wzbogacalniku zwojowym typu Reichert LD4.

Z materiału podawanego na te urządzenia wzbogacające wydzielono wcześniej w hydrocyklonie ziarna poniżej 0,1 mm. Średni wychód koncentratu w procesie wzbogacania wyniósł dla spirali Reicherta około 25%, a dla klasyfikatora odśrodkowego około 22%. Uzyskane wartości opałowe wyniosły odpowiednio 22 687 i 22 846 kJ/kg. Zawartość popiołu

TABELA 6. Porównanie wybranych parametrów koncentratu mufów węglowych wzbogacanych różnymi metodami

TABLE 6. Comparison of selected slime coal concentrate parameters processing by different methods

Nr os.	Hydrocyklon			Klasyfikator ośrodkowy, 150 g/l			Spirala Reicherta, 400g/l			Flotacja, odczynnik 2		
	wychód $\gamma_k$ [%]	zaw. popiołu $A^a$ [%]	wartość opatowa $Q^a$ [%]	wychód $\gamma_k$ [%]	zaw. popiołu $A^a$ [%]	wartość opatowa $Q^a$ [kJ/kg]	wychód $\gamma_k$ [%]	zaw. popiołu $A^a$ [%]	wartość opatowa $Q^a$ [kJ/kg]	wychód $\gamma_k$ [%]	zaw. popiołu $A^a$ [%]	wartość opatowa $Q^a$ [kJ/kg]
K13	47,50	31,64	18 121	23,22	21,14	18 916	29,05	21,10	18 825	-	-	-
K14	55,58	26,12	20 362	36,17	20,68	20 654	40,64	22,14	20 271	-	-	-
K12	49,52	39,64	17 281	9,68	20,31	22 042	17,64	21,86	21 523	-	-	-
K18/1	50,03	57,45	9 295	-	-	-	4,35	22,07	21 042	-	-	-
K18/2	59,66	71,63	8 576	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K11/1	51,05	42,51	15 990	4,00	22,06	21 043	14,51	22,81	20 760	-	-	-
K3/1	77,35	43,87	16 277	14,08	21,59	25 840	22,54	21,20	25 843	-	-	-
K3/2	63,40	56,87	12 027	-	-	-	5,84	23,81	24 258	44,8	22,7	24 687
K2	57,89	25,13	24 234	48,44	20,47	24 104	49,85	20,47	24 335	41,5	31,2	20 670
K17	44,23	46,22	13 444	2,91	21,68	18 965	8,68	21,45	19 136	73,7	14,5	27 620
K1	52,08	43,91	17 972	8,25	19,93	25 046	14,31	22,31	24 241	79,6	15,9	27 120
K4/1	50,58	32,20	24 363	28,03	20,47	24 095	30,47	20,33	24 459	81,1	16,4	26 880
K4/2	59,24	24,21	24,557	46,57	21,14	24 164	49,99	22,52	23 763	65,3	29,4	21 525
K4/3	57,43	22,36	25 501	51,64	21,56	24 315	52,45	21,84	24 333	41,5	31,2	24 520
K5/1	45,61	30,96	21 415	24,73	20,46	24 430	29,92	23,26	23 352	-	-	-
K5/2	47,57	34,88	21 085	21,73	21,51	24 043	27,41	22,27	23 666	58,4	23,6	24 670
K5/3	50,50	34,21	21 161	25,96	21,86	23 802	29,66	21,46	24 035	71,7	19,2	25 875
K5/4	50,74	35,67	21 844	21,99	21,15	24 281	26,56	21,39	24 195	71,1	19,5	25 810
K11/2	43,79	48,63	12 008	2,68	22,35	18 519	7,05	20,82	18 756	70,0	19,3	25 845
K6	47,50	44,06	18 022	8,37	21,82	24 124	13,97	21,35	24 256	71,7	21,3	25 465

w koncentratkach wyniosła około 25 i 22%. W badaniach tymi metodami stwierdzono stosunkowo niską zawartość popiołu w odpadach. Wyniosła ona średnio około 48 i 58%.

W procesie wzbogacania w hydrocyklonie, w wyniku wydzielenia ziarna poniżej 0,1 mm, uzyskano wprawdzie znaczący wychód – około 53%, lecz kosztem jakości wzbogaconego materiału. Koncentrat charakteryzował się bowiem znaczną zawartością popiołu (39,6%) i niską wartością opałową (16 950 kJ/kg). Natomiast odpad uzyskany w tym procesie posiadał stosunkowo niską zawartość popiołu (48,11%). Rozdział ziarn drobnych był niestety mało skuteczny, w koncentracie bowiem pozostało około 38% ziarn poniżej 0,1 mm, a ziarna te, co wykazano w (Szpyrka, Lutyński 2012), posiadają wysoką zawartość popiołu.

Podsumowując stwierdzić należy, że istnieje możliwość wzbogacania ziarn drobnych. Jest to zabieg istotny z uwagi na znaczne ilości materiału, który zdeponowany został w osadnikach ziemnych w minionym okresie.

Alternatywą dla wzbogacania materiałów o tak drobnym uziarnieniu jest ich kierowanie do spalania w piecach fluidalnych (Hycnar, Bugajczyk 2004; Hycnar 2006). Kotły te projektowane są i wykonywane dla indywidualnego paliwa charakteryzującego się swoistym uziarnieniem i parametrami jakościowymi. Niektóre z materiałów, które poddane były badaniom spełniają kryteria opisane w (Blaschke 2005; Grudziński 2005).

## Literatura

- BAIC i in. 2011 – BAIC I., BLASCHKE W., GRUDZIŃSKI Z., 2011 – Wstępne badania nad możliwością przewidywania parametrów jakościowych odpadów powstających w procesach wzbogacania węgla kamiennych. Rocznik Ochrona Środowiska, ROK (Tom XIII), s. 1373–1384.
- BLASCHKE W., 2005 – Określenie wartości mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Rocznik Ochrona Środowiska, Tom III. s. 23/1–13.
- FEČKO i in. 2011 – FEČKO P., HLAVATÁ M., PODEŠVOVÁ M., MUCHA N., KIRÁLY A., 2011 – New flotation agents on a slurry sample from Darkov Mine. Journal of the Polish Mineral Engineering Society, No 1(27), p. 27–38.
- GRUDZIŃSKI Z., 2005 – Analiza porównawcza jakości mułów węgla kamiennego pochodzących z bieżącej produkcji i zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Rocznik Ochrona Środowiska, Tom III. s. 49/1–9.
- HYCNAR J.J., BUGAJCZYK M., 2004 – Kierunki racjonalnego zagospodarowania drobnoziarnistych odpadów węglowych. Polityka Energetyczna t. 7, z. spec.
- HYCNAR J.J., 2006 – Paleniska fluidalne przykładem racjonalnego rozwiązywania problemu odpadów. Polityka Energetyczna t. 9, z. spec.
- SOBKO i in. 2011 – SOBKO W., BAIC I., BLASCHKE W., 2011 – Depozyty mułów węglowych – inventaryzacja i identyfikacja ilościowa. Rocznik Ochrona Środowiska, Tom XIII, s. 1405–1416.
- SZPYRKA J., LUTYŃSKI A., 2012 – Właściwości fizyko-chemiczne mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Rozdział Monografii: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo – jakość – efektywność. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice. ISBN 978-83-607008-59-0. s. 245–258.

Jan SZPYRKA, Aleksander LUTYŃSKI

## Investigation on slime coal beneficiation

### Abstract

This paper presents the results of slime coal beneficiation tests using coal deposited at a deposit pond. The investigation was performed on a laboratory and semi-technical scale. Three different separation methods were tested: centrifugal separation method using a hydrocyclone classifier-separator and centrifugal separator, wet gravity separation method using a Reichert spiral separator LD4, and a physicochemical method – flotation. The applied methods revealed significant changes in yields. It was observed that the best results were obtained with flotation. The concentration yield was, on average, 64 %. The calorific value of this concentrate was estimated at 25,000 kJ/kg and ash content of 22%. In the case of flotation, high ash content was observed in waste. Nevertheless, flotation tests showed that the flotation agents used were not suitable for all tested slurries. Much less favorable results were obtained in the centrifugal separator and Reichert type LD4 spiral separator. With the material used in these types of separators, grain sizes below 0.1 mm were initially separated in hydrocyclones. Average yields observed for the Reichert spiral were 25% and for the centrifugal separator 22%. Calorific values for the concentrate were 22,687 kJ/kg and 22,846 kJ/kg respectively, and ash content 25% and 22% respectively. Low ash content was observed in tailings, amounting to approximately 48% and 58% for the Reichert spiral and centrifugal separators respectively.

The research was performed under development project Nr N R09 0006 06/2009 titled: “Identification of energetic potential of coal slurries in the national fuel balance and technological development strategy of their usage”. The project has been implemented by the Institute of Mechanized Construction & Rock Mining in Warsaw in cooperation with the Department of Mineral Processing and Waste Utilization of the Silesian University of Technology since 2009.

KEY WORDS: beneficiation methods, coal slurry