

Ewa MAŁYSA*, Stanisława SANAK-RYDLEWSKA*, Stanisław SIEKIERKA**

MOŻLIWOŚCI UTYLIZACJI MUŁU SUROWEGO ZGROMADZONEGO W OSADNIKU ZIEMNYM NA TERENIE KWK „1 MAJA”

W osadniku ziemnym KWK „1 Maja” zalegają znaczne ilości niskokalorycznego mułu, który jest sprzedawany po niskiej cenie. Zakład Przeróbczy kopalni posiada rezerwy mocy przerobowej w węźle flotacji węgla, które można wykorzystać do wzbogacania mułu z osadnika. W pracy przedstawiono wyniki badań flotowalności mułu pochodzącego z produkcji bieżącej oraz mułu zalegającego w osadniku a także ich mieszanek. Stosowano różne odczynniki flotacyjne: alkohole ciężkie, montanol, olej napędowy z alkoholem ciężkim. Muły z produkcji bieżącej dobrze flotują i z udziałem wszystkich zastosowanych odczynników uzyskano koncentraty o zawartościach popiołu poniżej 9%. Muł z osadnika wzbogaca się nieco gorzej. Nie otrzymano koncentratów o żądanej zawartości popiołu. W mieszanekach węglowych o udziałach mułu z osadnika od 10 do 50% otrzymano koncentraty o zawartościach popiołu poniżej 9%. Najbardziej korzystne byłoby sporządzanie mieszanek, które będą zawierać od 20 do 40% mułu z osadnika. Uzyskuje się wtedy koncentraty o wychodach od 70 do 80% , które ze względu na właściwości koksotwórcze można zaklasyfikować do węgla typu 35.1.

1. WPROWADZENIE

Węgiel kamienny z kopalni „1 Maja” należy do węgla koksujących typu 35.1. Muły surowe z produkcji bieżącej są wzbogacane metodą flotacji w Zakładzie Przeróbczym (Laskowski 1976; Sablik 1989; Sablik, Brzezina 1992; Drogoń 1993). W tym Zakładzie wzbogacanie flotacyjne pozwala na zwiększenie ilości wysokojakościowego koncentratu węglowego a także na utrzymanie zamkniętego obiegu wodno-mułowego. W osadniku Zakładu Przeróbczego KWK „1 Maja” zalegają znaczne ilości niskokalorycznego mułu, które szacuje się na 370 tys. ton. Muł ten jest obecnie sprzedawany w małych ilościach po niskiej cenie. Zakład Przeróbki kopalni posiada rezerwy wydajnościowe w węźle flotacji węgla. Istnieje więc możliwość jego przerobu na koncentrat flotacyjny. Z uwagi na to, że muł ten ma inne właściwości flotacyjne (Girczys 1993; Małyśa 1981; Małyśa, Stachurski 1982, 1988) w porównaniu z właściwościami mułu z produkcji bieżącej, konieczne było wykonanie badań zmierzających do określenia zdolności flotacyjnych, warunków flotacji tych mułów, jak również możliwości ich wspólnego wzbogacania w celu uzyskania koncentratów węgla koksowego.

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Zakład Przeróbki Kopalni, Ochrony Środowiska i Utylizacji Odpadów, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

** Rybnicka Spółka Węglowa S.A.

2. PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były muły węglowe pochodzące z produkcji bieżącej i muły zalegające w osadniku kopalni „1 Maja” oraz ich mieszanki. Muły węglowe zostały pobrane zgodnie z Polską Normą PN-90/G-04502 i przygotowane do badań flotacyjnych.

Próbki mułów z produkcji bieżącej i z osadnika różniły się składem ziarnowym a także zawartościami popiołu i siarki. Ich skład ziarnowy oraz zawartości popiołu i siarki w poszczególnych klasach przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Analiza sitowa i chemiczna badanych mułów węglowych
Sieve and chemical analysis of the coal slimes studied

Klasa ziarnowa mm	Muł z produkcji bieżącej			Muł z osadnika		
	γ , %	A [*] , %	S [*] ₁₂ , %	γ , %	A [*] , %	S [*] ₁₂ , %
+0,500	1	6,14	0,62	0,2	–	–
0,500–0,400	4,1	5,26	0,64	0,3	17,72	–
0,400–0,315	6,4	6,20	0,59	0,6	9,64	0,80
0,315–0,200	12,3	8,80	0,53	1,2	8,15	0,80
0,200–0,100	12,9	11,40	0,80	2,5	10,74	0,67
0,100–0,063	12,5	11,92	0,82	3,2	11,36	0,66
0,063–0,040	4,9	17,10	0,83	1,3	24,46	0,93
–0,040	46,0	23,86	0,77	90,7	46,74	0,56
Nadawa	100	16,52	0,74	100,0	43,55	0,58

Doświadczenia flotacyjne wykonywano w mechanicznej maszynie laboratoryjnej o pojemności komory 1,5 dm³ przy zagęszczeniu zawiesiny 80 g/dm³. Prowadzono flotacje frakcjonowane, do których wykonania używano oleju napędowego (ON) jako zbieracza oraz alkoholi ciężkich (AC) jako spieniacza. Ponadto zastosowano nowy odczynnik o właściwościach zbierająco-spienających o nazwie Montanol firmy Hoechst (Prospekt firmy Hoechst 1992). Jest to ciecz o barwie jasnożółtej, bardzo dobrze rozpuszczalna w wodzie. Zawiera ona w swoim składzie chemicznym alkohole wyższe oraz estry. Produkt jest wolny od olejów zwierzęcych oraz od fenoli. W 20 °C wykazuje gęstość równą 0,85 g/cm³. Odczynnik ten nie wykazuje toksycznego działania i został pozytywnie oceniony przez Niemiecki Instytut Higieny i Środowiska Pracy.

Flotacji poddano każdy muł oddzielnie, a następnie ich mieszanki, o procentowej zawartości mułu z osadnika od 10 do 50% wagowych. Przy ocenie otrzymywanych koncentratów brano pod uwagę zawartości popiołu poniżej 9%, a dla niektórych koncentratów otrzymanych z flotacji mieszanek oznaczono liczbę Rogi (RI), zawartość części lotnych i zawartość siarki.

Wyniki zilustrowano graficznie na rysunkach 1–9, gdzie przedstawiono zależności wychodu (γ), zawartości popiołu w koncentratkach (θ), zawartości popiołu w odpadach (β) od czasu flotacji (t) a także od ilości dozowanego odczynnika. Podobne zależności podano dla flotowanych mieszanek.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

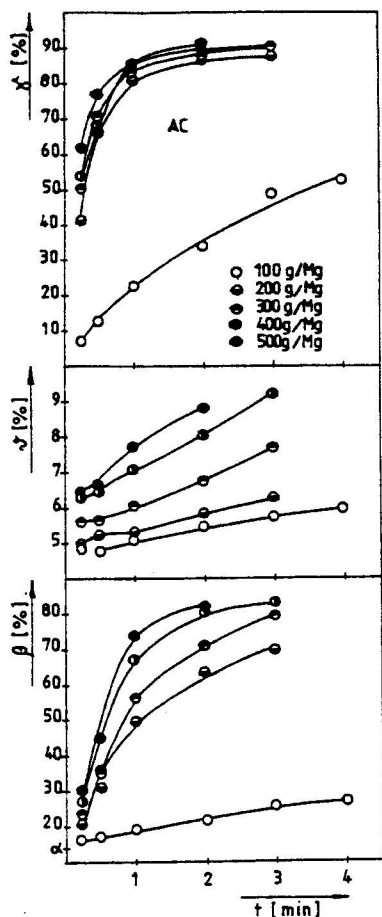
Wyniki zamieszczone w tabeli 1. pokazują, że muły pochodzące z produkcji bieżącej oraz z osadnika znacznie różnią się pod względem zawartości popiołu, siarki oraz składu ziarnowego. Muł z produkcji bieżącej zawierał średnio 16,5% popiołu i 0,74% siarki, muł z osadnika natomiast 44% popiołu i 0,58% siarki całkowitej. W mule z osadnika ziarn najdrobniejszych poniżej 40 μm było 91% o zawartości popiołu 47%, a w mule z produkcji bieżącej ziarn tej klasy było 46% o zawartości popiołu 24%. Z uwagi na przewagę bardzo drobnych ziarn w mule, wysoką zawartość popiołu ($\alpha = 44\%$) a także długi czas składowania mułu w osadniku, jego podatność na wzbogacanie flotacyjne będzie mniejsza (Małysa, Stachurski 1982,1988; Małysa 1981; Girczys 1993).

1. Flotacja mułu z produkcji bieżącej KWK „1 Maja”

Wykonano flotację mułu z produkcji bieżącej dla różnych ilości odczynników flotacyjnych, takich jak: alkohole ciężkie (AC – rys. 1.), montanol (rys. 2.), oraz mieszaniny oleju napędowego z alkoholami ciężkimi (ON + AC – rys. 3.). Przewidzianą całą porcję odczynnika dozowano przed flotacją. Podane wyniki (rys. 1.–3.) potwierdzają dobrą flotowalność mułu z produkcji bieżącej. Z wszystkich dawek zastosowanych odczynników (od 100 do 700 g/Mg) uzyskano koncentraty o zawartościach popiołu poniżej 9%. Wraz ze wzrostem czasu trwania procesu i ilości odczynnika rosną: wychody koncentratów, zawartości popiołu w odpadach i w koncentracie. Na rysunku 4. zilustrowano wpływ rodzaju odczynnika w zależności od jego ilości na wyniki flotacji po dwóch minutach trwania procesu. Alkohole ciężkie dozowane w ilościach do 400 g/Mg dają najlepsze wyniki flotacji. Uzyskano dla nich najwyższe wychody koncentratów i najwyższe zawartości popiołu w odpadach. Już przy dawce 200 g/Mg otrzymano koncentrat o wychodzie 88% i zawartości popiołu 6,3%, oraz odpady o zawartości popiołu rzędu 70%. Dla dawek powyżej 400 g/Mg alkoholi ciężkich, montanolu i montanolu z alkoholem wyniki flotacji są natomiast porównywalne. Otrzymane wychody koncentratów były rzędu 90%, a zawartości popiołu w odpadach około 80%. Zawartości popiołu w koncentratkach dla wspomnianych odczynników wahają się od 7 do 8%. Zdecydowanie gorsze wyniki uzyskano z zastosowaniem oleju napędowego z alkoholem ciężkim (mniejsze wychody i mniejsze zawartości popiołu w odpadach). W celu otrzymania porównywalnych wyników flotacji za pomocą (ON + AC) z pozostałymi odczynnikami, dawkę tę trzeba zwiększyć do ~700 g/Mg (rys. 4.).

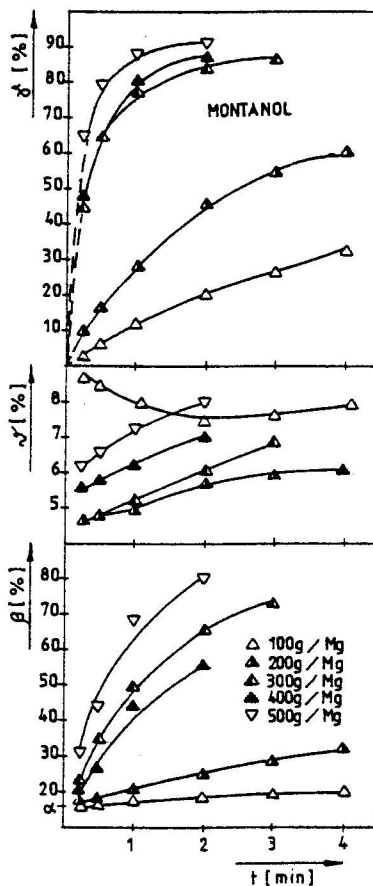
2. Flotacja mułu z osadnika

Muł pobrany z osadnika zawierał około 44% popiołu i 91% ziarn poniżej 40 μm (tab. 1.). Materiał ten wzbogaca się gorzej w stosunku do mułu otrzymanego z produkcji bieżącej. Wskazują na to wyniki badań, które wykonano z zastosowaniem wspomnianych odczynników. Nie otrzymano koncentratu o zawartości popiołu poniżej 9% dla stosowanych reagentów. Przykładowo na rysunku 5. przedstawiono wyniki flotacji dla zadanych różnych dawek alkoholu ciężkiego. Okazało się, że ze wzrostem dawki AC



Rys. 1. Wyniki flotacji mułu z produkcji bieżącej przy użyciu różnych dawek alkoholu ciężkich (AC)

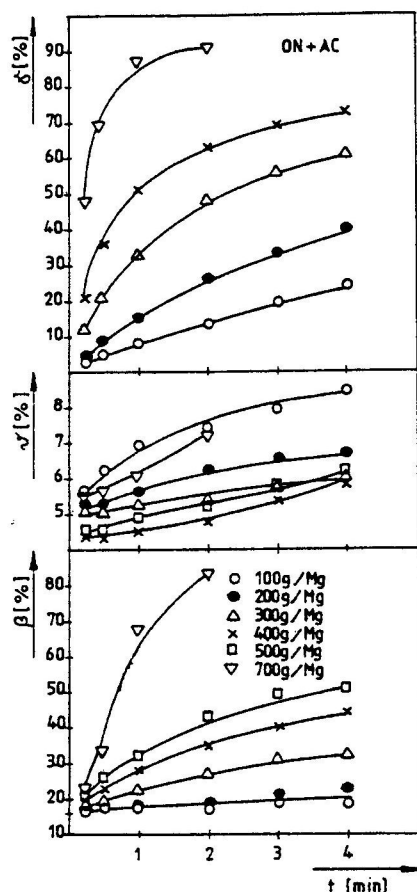
Fig. 1. Results of flotation of slimes from the current production in a presence of various doses of the reagent AC



Rys. 2. Wyniki flotacji mułu z produkcji bieżącej przy użyciu różnych dawek montanolu

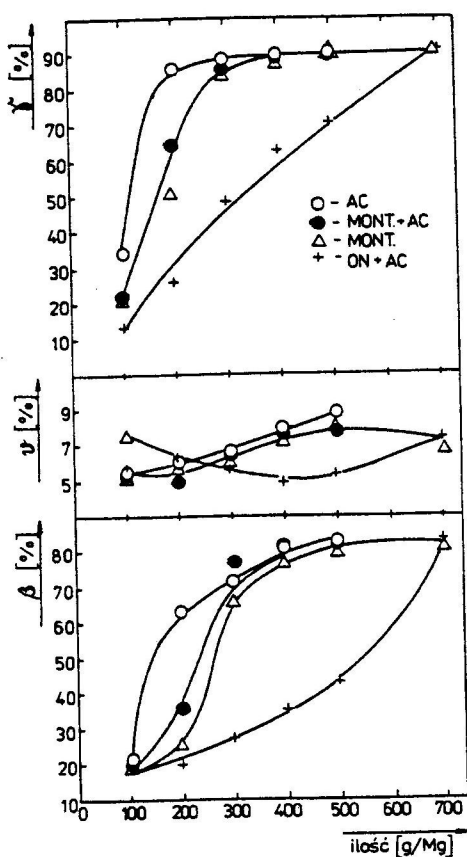
Fig. 2. Results of flotation of slimes from the current production in a presence of various doses of montanol

i czasu flotacji gwałtownie rosną zawartości popiołu w koncentracie (od wartości około 13 do 24%). Otrzymuje się natomiast odpady o zawartościach popiołu powyżej 70%. Na rysunku 6. przedstawiono wyniki flotacji tego mułu w obecności montanolu (dla ilości 600 g/Mg) i oleju napędowego z alkoholem ciężkim (dla ilości 700 g/Mg + + 300 g/Mg). Jak widać, przy zwiększonej dawce oleju napędowego z alkoholem ciężkim uzyskano porównywalne wyniki flotacji jak dla montanolu.



Rys. 3. Wyniki flotacji mułu z produkcji bieżącej przy użyciu różnych dawek oleju napędowego i alkoholi ciężkich

Fig. 3. Results of flotation of slimes from the current production in a presence of various doses of diesel oil and reagent AC

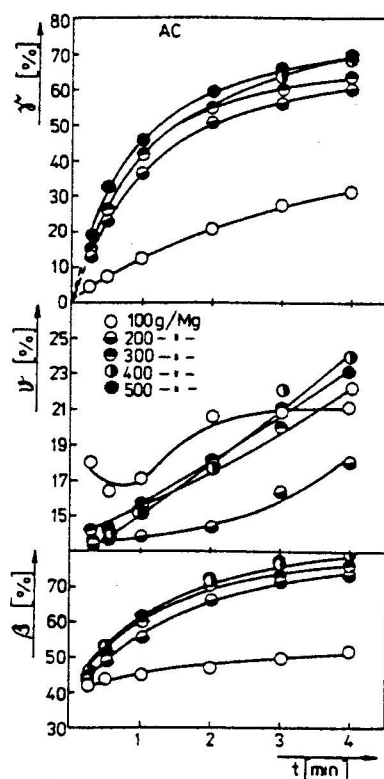


Rys. 4. Wpływ rodzaju odczynników flotacyjnych na wyniki flotacji mułu z produkcji bieżącej

Fig. 4. Influence of type of the flotation reagent on results of flotation of slimes from the current production

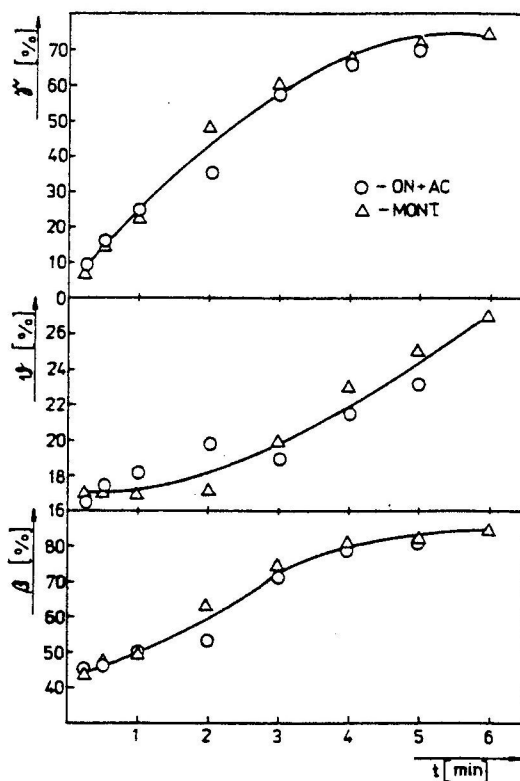
3. Flotacja mieszanek węglowych

Z wyników badań flotacyjnych mułu z produkcji bieżącej wynika, że jest to materiał dobrze wzbogacalny. Istnieje możliwość otrzymania koncentratów o zawartościach popiołu od 6 do 8%, przy wysokich wychodach tych produktów. Muł węglowy z osadnika okazał się trudniejszy do wzbogacania, dlatego sporządzono mieszanki z obu materiałów, w których zmieniano udział procentowy mułu z osadnika (od 10 do 50%). Średnie procentowe zawartości popiołu w tych mieszankach podano w tab. 2.



Rys. 5. Wyniki flotacji mułu z osadnika przy użyciu różnych dawek alkoholu ciężkich

Fig. 5. Results of flotation of slimes from the decanter in a presence of various doses of the reagent AC



Rys. 6. Wyniki flotacji mułu z osadnika przy użyciu oleju napędowego (700 g/Mg) z alkoholem ciężkim (300 g/Mg) oraz montanolu (600 g/Mg)

Fig. 6. Results of flotation of slimes from the decanter in a presence of diesel oil (700 g/Mg) with the reagent AC (300 g/Mg) and montanol (600 g/Mg)

Tabela 2. Zawartość popiołu w mieszankach
Ash contents in the mixtures

Skład mieszanki % udział mułu z osadnika	α %
0	16,00 ± 0,29
10	18,14 ± 0,09
20	21,08 ± 0,15
30	24,41 ± 0,45
40	25,24 ± 0,24
50	29,09 ± 0,84
100	41,88 ± 0,75

Każda z mieszanek była flotowana za pomocą montanolu lub oleju napędowego z alkoholem. Dawkę montanolu (równą 400 g/Mg) dozowano w trzech porcjach, pierwszą porcję (50%) przed flotacją, a następnie po pierwszej i drugiej minucie trwania procesu. Analogicznie dodawano olej napędowy (700 g/Mg) z alkoholem ciężkim (300 g/Mg). Na rysunku 7. podano wyniki flotacji dla różnych mieszanek w zależności od czasu flotacji, dla przykładu przy zastosowaniu montanolu. Najgorsze jakościowo koncentraty uzyskano dla mieszanki o zawartości 50% mułu z osadnika. Można wprawdzie otrzymać produkty o zawartościach popiołu poniżej 9%, ale wówczas wychody tych produktów są od 40 do 50%. Otrzymane odpady zawierały wtedy około 45 do 50 % popiołu. Najlepsze jakościowo koncentraty uzyskano dla mieszanek przy udziale 10 i 20% mułu z osadnika. Po dwóch minutach flotacji otrzymano koncentraty o zawartościach popiołu około 7,3 i wychodach ponad 80%. Na rysunkach 8. i 9. przedstawiono wyniki flotacji mieszanek w zależności od udziału procentowego w nich mułu z osadnika dla stosowanych odczynników: montanolu lub oleju napędowego z alkoholem ciężkim. Jak widać z przebiegu krzywych na rysunkach, muł z produkcji bieżącej wzbogaca się najlepiej.

Rys. 7. Wyniki flotacji mieszanek o różnej zawartości mułu z osadnika przy użyciu montanolu w ilości 400 g/Mg

Fig. 7. Results of flotation of the mixtures with various contents of the slimes from the decanter in a presence of montanol of concentration 400 g/Mg

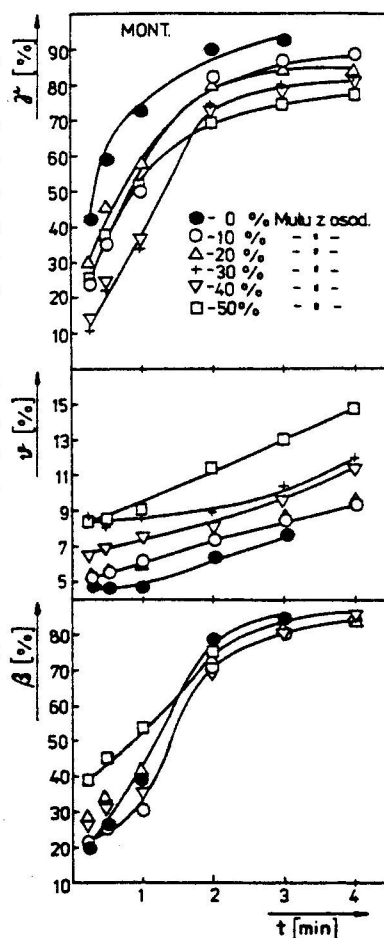
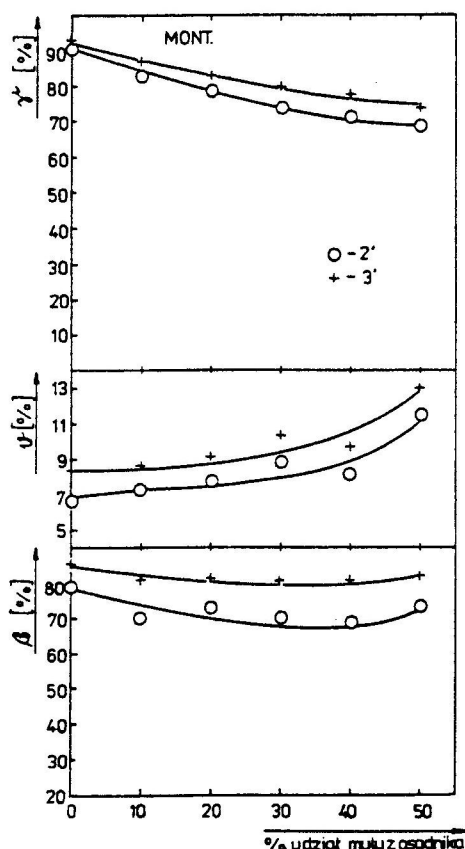


Tabela 3. Charakterystyka niektórych koncentratów uzyskanych z mieszanek
Characteristics of some concentrates obtained from the mixtures

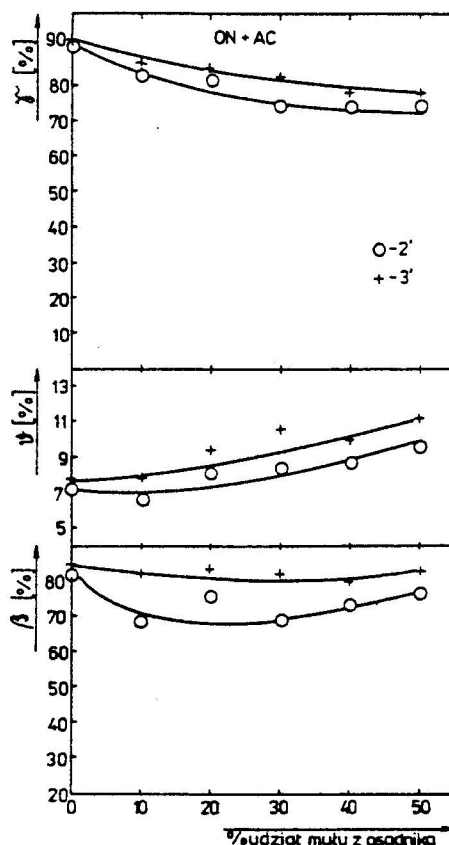
Mieszanka 5 udziału mułu z osadnika	γ %	A^* %	S^a	RI	S^* %	S^{def} %
20	79	7,7	25,37	71	0,56	27,6
30	74	7,9	24,94	75	0,56	27,4
40	72	6,0	24,77	70	0,58	27,4

Wzrost udziału procentowego mułu z osadnika powoduje, że spada wychód koncentratu, wzrasta zawartość popiołu w koncentraty a w odpadach nieznacznie maleje.



Rys. 8. Zależność wyników flotacji mieszanek, w obecności montanolu, od zawartości mułu z osadnika

Fig. 8. Dependence of the flotation results of the mixtures, in a presence of montanol, on contents of slimes from the decanter



Rys. 9. Zależność wyników flotacji mieszanek w obecności oleju napędowego z alkoholem ciężkim od zawartości mułu z osadnika.

Fig. 9. Dependence of the flotation results of the mixtures, in a presence of diesel oil with the reagent AC, on contents of slimes from the decanter

Dla niektórych koncentratów uzyskanych ze wzbogacania mieszanek określono liczbę Rogi oraz zawartości części lotnych i palnych (tab. 3.). Jak widać, koncentraty o wychodach od 70 do 80% uzyskane z flotacji mieszanek o udziałach procentowych od 20 do 40% mułu zalegającego w osadniku, mają liczbę Rogi od 71 do 75, czyli należą do bardzo dobrze spiekalnych i można powyższe koncentraty zaklasyfikować do węgla typu 35.1.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie wyników badań stwierdzono że:

1. Muł z produkcji bieżącej KWK „1 Maja” efektywnie wzbogaca się metodą flotacji niezależnie od zastosowanego odczynnika. Dla wszystkich badanych odczynników uzyskano koncentraty o zawartości popiołu poniżej 9% przy wychodach powyżej 80%. Wyniki flotacji dla: alkoholi ciężkich, montanolu i montanolu z alkoholem ciężkim dla dozowanych w ilościach powyżej 400 g/Mg są porównywalne. Gorsze wyniki uzyskano dla oleju napędowego z alkoholem ciężkim. Dopiero przy dawce 700 g/Mg różnice te zanikają.

2. Z żadnym badanym odczynnikiem nie otrzymano koncentratu flotacyjnego o zawartości popiołu poniżej 9% dla mułu pochodzącego z osadnika. Materiał ten ulegał jednak wzbogaceniu gdyż uzyskiwano odpady o zawartościach popiołu około 80% dla montanolu lub oleju napędowego z alkoholem ciężkim.

3. Istnieje możliwość otrzymania koncentratów o zawartości popiołu poniżej 9% z mieszanek o udziałach w nich od 10 do 40% mułu z osadnika. Uzyskuje się koncentraty o wychodach rzędu od 70 do 82%. W przypadku flotacji mieszanek z udziałem 50% mułu z osadnika można wprowadzić otrzymać koncentraty o zawartościach popiołu około 9%, ale ich wychody są niskie i wynoszą od 40 do 50%.

4. Z mieszanek zawierających od 20 do 40% mułu z osadnika otrzymane koncentraty o wychodach od 70 do 80% mają liczbę Rogi od 71 do 75. Należą więc do dobrej spiekających i można je zakwalifikować do węgla typu 35.1.

LITERATURA

- DROGOŃ W. (1993), *Krajowe zakłady przerobcze węgla energetycznego, gazowego i koksowego*, Wiadomości Górnicze, nr 2, s. 27.
- GIRCZYS J. (1993), *Wpływ pH na flotację węgla energetycznych*, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, Wrocław, s. 77.
- LASKOWSKI J. (1976), *Flotacja węgla*. Poradnik Górnika. T.5, Katowice, „Śląsk”, s. 407.
- MAŁYSA E. (1981), *Określenie zdolności flotacyjnych węgla kamiennych o niskim stopniu uwęglenia*. Górnictwo, R. 5, z. 4, s. 335.
- MAŁYSA E., STACHURSKI J. (1982), *Influence of controlled and non-controlled parameters on surface properties and floatability of coals*. Intern. Symp. Recent Advances in Particulate Science and Technology, Madras, India.
- MAŁYSA E., STACHURSKI J. (1988), *Efekt of surface oxidation on floatability and electrokinetic properties of low-ranks coal*. Materials Science Forum 25–26, s. 517.
- Polska Norma PN-90/G-04502, *Węgiel kamienny i brunatny. Metody pobierania i przygotowania prób do badań laboratoryjnych*.
- Prospekt firmy Hoest (1992).
- SABLIK J. (1988), *Pięćdziesiąt lat flotacji węgla w Polsce*. Przegląd Górniczy, t. 45, nr 1, s. 10.
- SABLIK J., BRZEZINA R. (1992), *Aktywność flotacyjna mulów węglowych w warunkach standardowych i technologicznie optymalnych*. Przegląd Górniczy, t. 48, nr 4, s. 22.

Malysa E., Sanak-Rydlewska S., Siekierka S., (1994), Beneficiation of the coal slimes deposited in ground decanter of the "1 Maja" Coal Mine, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 28, 75–84, (Polish text)

Significant amounts of low-calorific coal slimes are deposited in ground decanter of KWK "1 Maja" Coal Mine. Capacity of the coal flotation unit of the Mine Preparation Plant is not fully exploited and this capacity reserve can be used for enrichment of the slimes from the decanter. The paper presents results of investigations on flotability of slimes from current production, slimes deposited in the decanter, and their mixtures. Various flotation reagents were applied: mixture of alcohols (reagent AC), montanol, mixture of diesel oil with reagent AC. Flotability of slimes from the current production is good. Applying each of the reagents studied resulted in obtaining flotation concentrates with ash contents below 9%. Slimes originating from the decanter are more difficult for flotational enrichment and it was not possible to obtain the concentrates with the required ash contents (below 9%). In the case of the slimes mixtures containing from 10 to 50% of the slimes from decanter it was possible to obtain the flotation concentrates with ash content below 9%. It was found that the most advantageous would be to apply the mixtures containing 20 to 40% of slimes from the decanter. Applying such mixtures resulted in obtaining concentrates yields from 70 to 80% which can be classified, in respect to their coking properties, as coal of rank 35.1 (code number 433).