

Peter FECKO

Vysoka Skola Banska –TU, Ostrava, Czechy

Barbara TORA, Marian KURZAC

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

OPTIMALIZACJA PROCESU FLOTACJI WĘGLA

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań flotacyjnych próbek węgla kopalni Frantisek w Ostrawsko–Karwińskim Zagłębiu Węglowym (Republika Czeska) za pomocą pięciu odczynników flotacyjnych: Montanol, Flotacol NX, Ekofol 440, PE2 i AF2. Najlepszą selektywność flotacji uzyskano dla Montanolu i Flotakolu NX. Dla tychże odczynników określono ich optymalną ilość oraz optymalny układ technologiczny flotacji.

Otrzymane wyniki pozwalają na następujące stwierdzenia: Montanol charakteryzuje się lepszymi własnościami pianotwórczymi, lepszą selektywnością rozdziału składników oraz wyższym uzyskiem, natomiast wymaga stosowania wyższych dawek.

THE OPTIMIZATION OF COAL FLOTATION PROCESS

Summary. The results of the investigation on flotation of the slime coal from The Mine Frantisek (Ostrava-Karvina Region in Czech Republic) are presented. The aim of this work is comparison of several collectors used in the flotation: Montanol, Flotacol NX, Ekofol 440, PE2 and AF2.

The selectivity of separation process shown that Flotacol NX and Montanol are better then other collectors. For both collectors optimal doses were determined. Optimisation of the technological scheme of the flotation was done.

The results of the investigation shown that the best selectivity of separation and the most stabile froth and the higher yield was obtained using Montanol. Also the consumption of this collector is less than Flotacol NX but the price of Flotacol NX is lower.

1. Wstęp

Celem prezentowanej pracy było efektywności flotacji węgla kamiennego za pomocą pięciu kolektorów. Proces flotacji był prowadzony w warunkach laboratoryjnych, w laboratoriach Wysokiej Szkoły Banskiej – TU w Ostravie. Badano próbki węgla pochodzące

z Ostrawsko-Karwińskiego Zagłębia Węglowego. Określono optymalną dawkę każdego z badanych odczynników flotacyjnych. Dla dwu odczynników (Montanol i Flotakol NX) określono optymalny schemat technologiczny flotacji.

2. Próbki węgla i metoda badawcza

2.1. Analiza mineralogiczno-petrograficzna próbek

Analizy petrograficzne próbek węgla były przeprowadzone w Instytucie Geologicznym Wysokiej Szkoły Banskiej w Ostrawie, zgodnie z czeską normą CSN 441343 i CSN 441344.

Próbki węgla z Kopalni Frantisek zawierają 77,6 % wityrytu, 4,4% liptynytu, 18,0% inertynyty. Próbki z Kopalni Dukla zawierają 61,8% wityrytu, 8,0% liptynytu, 30,2% inertynyty. Próbki węgla z Kopalni Lazy zawierają 63,2% wityrytu, 7,6% liptynytu, 29,2% inertynyty. Piryty występuje w postaci drobnych, izolowanych ziaren.

2.2. Analiza granulometryczna próbek węgla

Skład ziarnowy badanych próbek był oznaczony w laboratoriach Instytutu Inżynierii Środowiska VSB. W tabeli 1 przedstawiono wyniki oznaczenia składu ziarnowego próbek węgla.

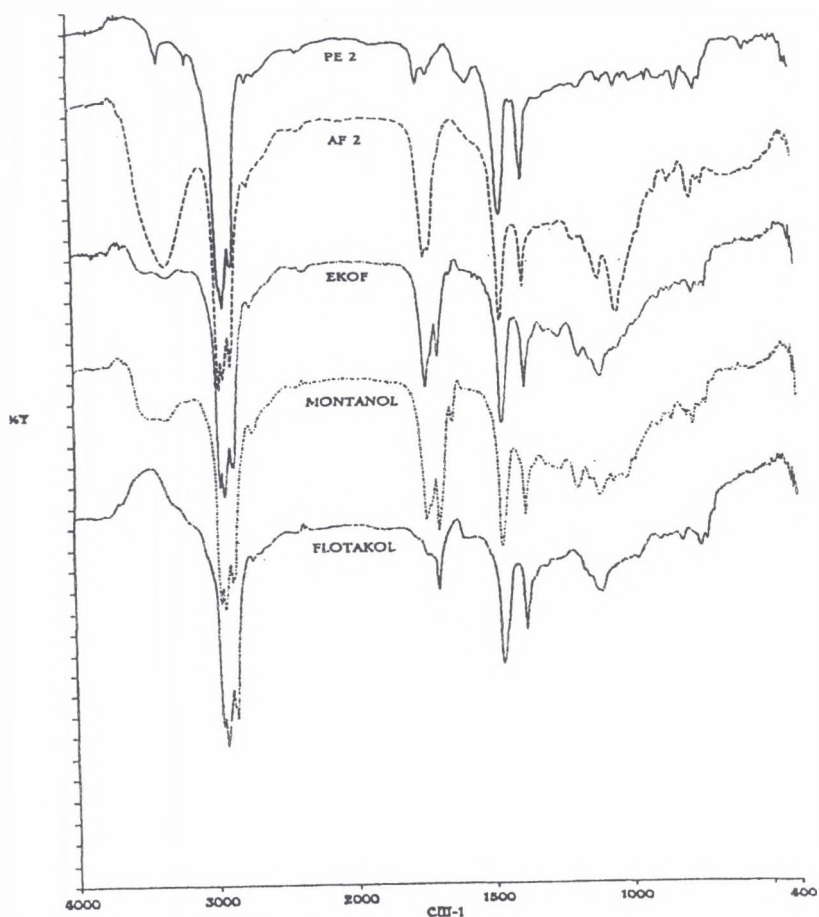
Tabela 1
Skład ziarnowy i zawartość popiołu w próbkach węgla z kopalni Frantisek

Klasa ziarnowa [mm]	Próbka a		Próbka b		Próbka c		Próbka d	
	wychód	zawartość popiołu	wychód	zawartość popiołu	wychód	zawartość popiołu	wychód	zawartość popiołu
-0,02	42,6	41,96	29,09	46,09	47,61	42,59	74,16	36,76
0,02-0,063	25,15	24,06	56,37	29,01	11,62	42,38	16,25	20,02
0,063-0,01	5,43	20,7	7,27	6,26	12,47	19,78	8,75	4,66
0,01-0,5	21,73	15,44	7,27	3,51	23,49	6,1	0,83	5,82
0,5-1,0	5,63	7,24	0	0	4,81	3,89	0	0
Suma	100	28,59	100	30,6	100	29,27	100	30,97

2.3. Odczynniki flotacyjne

Do przeprowadzenia prób flotacji węgla zastosowano następujące odczynniki:

Flotakol NX, Montanol, Ekofol 440, PE2 oraz AF2. Dla określenia składu chemicznego zbieraczy przeprowadzono, w Centralnym Laboratorium Analitycznym VSB, badania spektroskopowe. Na rys. 1 przedstawiono spektrogram badanych kolektorów. Na podstawie analizy otrzymanych spektrogramów można stwierdzić, że testowane odczynniki charakteryzują się podobną zawartością grup funkcyjnych. Ogólnie można stwierdzić w składzie grupy: grupy karboksylowe, aromatyczne, alifatyczne, węglowodory, alkohole, glikole, parafiny, związki aromatyczne, estry, etery.



Rys.1. Analiza spektralna zbieraczy

Fig.1. Spectroscopic analysis of the collectors

2.4. Testy flotacyjne różnych zbieraczy

Wyniki flotacji w znacznej mierze zależą od typu i selektywności użytych odczynników flotacyjnych. Celem doświadczeń było określenie wpływu zbieraczy na wyniki flotacji i określenie optymalnej dawki odczynnika. Doświadczenia były przeprowadzone na próbkach nadawy na flotację w Kopalni Frantisek.

Flotacja była przeprowadzona w Instytucie Inżynierii Środowiska VSB w laboratoryjnej maszynie flotacyjnej typu VRF-1, produkcji RD Příbram.

Flotację prowadzono przy zachowaniu następujących warunków: gęstość nadawy 150 g/l, czas mieszania ze zbieraczem 1 minuta, ilość zbieracza 100-500 g/t, czas flotacji 5 minut.

Po przeprowadzeniu flotacji koncentrat i odpady były suszone w temperaturze 105°C i oznaczono w nich zawartości popiołu.

W tabelach 2-6 przedstawiono wyniki flotacji węgla testowanymi odczynnikami.

Tabela 2

Wyniki flotacji z Flotakolem NX

Zużycie odczynnika g/t		Wychód %	Zawartość popiołu %
100	Koncentrat	90,69	14,00
	Odpady	9,31	78,23
	Nadawa	100	19,98
200	Koncentrat	92,14	14,91
	Odpady	7,86	76,87
	Nadawa	100	19,78
300	Koncentrat	92,63	16,79
	Odpady	7,37	79,89
	Nadawa	100	21,44
500	Koncentrat	92,81	16,01
	Odpady	7,19	75,54
	Nadawa	100	20,54

Tabela 3

Wyniki flotacji z Montanolem

Zużycie odczynnika g/t		Wychód %	Zawartość popiołu %
100	Koncentrat	92,02	15,08
	Odpady	7,98	76,64
	Nadawa	100	19,99
200	Koncentrat	93,98	16,04
	Odpady	6,02	76,40
	Nadawa	100	19,67
300	Koncentrat	94,33	17,12
	Odpady	5,77	80,76
	Nadawa	100	20,81
500	Koncentrat	94,53	16,54
	Odpady	5,47	77,28
	Nadawa	100	19,84

Tabela 4

Wyniki flotacji z Ekofolem 440

Zużycie odczynnika g/t		Wychód %	Zawartość popiołu %
100	Koncentrat	92,87	15,69
	Odpady	7,13	76,53
	Nadawa	100	20,03
200	Koncentrat	94,07	18,06
	Odpady	5,93	77,31
	Nadawa	100	21,57
300	Koncentrat	94,31	14,70
	Odpady	5,69	72,19
	Nadawa	100	17,97
500	Koncentrat	93,72	19,82
	Odpady	6,28	69,47
	Nadawa	100	22,94

Tabela 5

Wyniki flotacji z PE₂

Zużycie odczynnika g/t		Wychód %	Zawartość popiołu %
100	Koncentrat	92,16	16,15
	Odpady	7,84	75,89
	Nadawa	100	20,83
200	Koncentrat	92,43	17,89
	Odpady	7,57	76,29
	Nadawa	100	22,31
300	Koncentrat	92,44	12,99
	Odpady	7,56	75,84
	Nadawa	100	17,74
500	Koncentrat	91,30	14,95
	Odpady	8,70	72,27
	Nadawa	100	19,94

Tabela 6

Wyniki flotacji z AF₂

Zużycie odczynnika g/t		Wychód %	Zawartość popiołu %
100	Koncentrat	94,16	15,60
	Odpady	5,84	77,45
	Nadawa	100	19,21
200	Koncentrat	93,51	15,81
	Odpady	6,49	76,20
	Nadawa	100	19,73
300	Koncentrat	94,42	15,94
	Odpady	5,58	75,94
	Nadawa	100	19,29
500	Koncentrat	94,16	15,99
	Odpady	5,84	67,44
	Nadawa	100	18,99

Na podstawie analizy otrzymanych wyników można stwierdzić, że najbardziej selektywnym i najbardziej skutecznymi odczynnikami są belgijski Montanol i czeski Flotakol NX. Dalsze badania przeprowadzono dla tych dwóch odczynników. Jako podstawową ilość odczynnika przyjęto 100 g/tonę. Celem drugiej części badań było określenie optymalnej ilości odczynników dla otrzymania koncentratu o minimalnej zawartości popiołu. Badania przeprowadzono dla 6 dawek kolektora od 200 do 700 g/t. W tabeli 7 przedstawiono wyniki flotacji próbek za pomocą Montanolu, zaś w tabeli 8 wyniki flotacji za pomocą Flotakolu NX.

Tabela 7

Wyniki flotacji z Montanolem

Zużycie odczynnika g/t		Wychód %	Zawartość popiołu %
200	Koncentrat	62,15	26,48
	Odpady	37,85	34,68
	Nadawa	100	29,58
300	Koncentrat	73,60	27,55
	Odpady	26,40	37,29
	Nadawa	100	30,12
400	Koncentrat	87,06	23,25
	Odpady	12,94	80,34
	Nadawa	100	30,64
500	Koncentrat	88,02	18,88
	Odpady	11,98	78,50
	Nadawa	100	26,02
600	Koncentrat	87,73	21,64
	Odpady	12,27	82,56
	Nadawa	100	29,11
700	Koncentrat	87,32	19,93
	Odpady	12,68	86,63
	Nadawa	100	28,39

Z tychże tabelek wynika, że optymalna dawka Montanolu wynosi 500 g/t, zaś Flotakolu NX. 600 g/t. Należy również stwierdzić, że dla uzyskania koncentratu o dostatecznej jakości należy prowadzić flotację w etapach jako flotację główną i flotacje czyszczące (reflotacje).

W tabeli 9 przedstawiono wyniki flotacji głównej i czyszczącej z Montanolem, w tabeli 10 wyniki podwójnej flotacji czyszczącej w tym samym odczynniku, natomiast w tabeli 11 wyniki flotacji czyszczącej w Flotakolem NX.

Tabela 8

Wyniki flotacji z Flotakolem NX

Zużycie odczynnika g/t		Wychód %	Zawartość popiołu %
200	Koncentrat	12,67	16,65
	Odpady	87,25	30,73
	Nadawa	100	28,93
300	Koncentrat	21,39	17,77
	Odpady	78,61	33,74
	Nadawa	100	30,32
400	Koncentrat	27,29	15,41
	Odpady	72,71	35,27
	Nadawa	100	29,85
500	Koncentrat	40,13	12,63
	Odpady	59,87	40,01
	Nadawa	100	29,02
600	Koncentrat	56,60	12,71
	Odpady	43,40	52,75
	Nadawa	100	30,08
700	Koncentrat	62,67	14,47
	Odpady	37,33	57,66
	Nadawa	100	30,59

Tabela 9

**Wyniki flotacji z Montanolem.
Jeden etap flotacji głównej i flotacja czyszcząca**

Próba		Wychód %	Zawartość popiołu %
A	Koncentrat	80,77	14,09
	Odpady 1	12,22	83,28
	Odpady 2	7,01	67,29
	averagge	100	26,27
B	Koncentrat	75,52	13,22
	Odpady 1	13,15	82,16
	Odpady 2	11,33	62,48
	averagge	100	27,87
C	Koncentrat	73,29	15,42
	Odpady 1	15,13	85,79
	Odpady 2	11,58	69,40
	averagge	100	32,32
D	Koncentrat	72,54	14,44
	Odpady 1	16,12	80,94
	Odpady 2	11,34	61,51
	averagge	100	30,50
E	Koncentrat	72,86	12,65
	Odpady 1	17,49	87,32
	Odpady 2	6,65	70,27
	averagge	100	31,27

Tabela 10

Wyniki flotacji z użyciem Montanolu. Jeden etap flotacji głównej i dwa flotacji czyszczącej

Próba		Wychód %	Zawartość popiołu %
A	Koncentrat	68,38	8,73
	Odpady 1	13,54	82,13
	Odpady 2	12,25	65,13
	Odpady 3	5,82	51,92
	average	100	28,09
B	Koncentrat	58,37	6,55
	Odpady 1	16,68	76,35
	Odpady 2	13,87	49,87
	Odpady 3	11,10	30,29
	average	100	26,83
C	Koncentrat	59,65	8,16
	Odpady 1	20,17	83,73
	Odpady 2	12,64	64,68
	Odpady 3	7,53	45,32
	average	100	33,34
D	Koncentrat	64,37	7,44
	Odpady 1	16,90	87,73
	Odpady 2	10,14	71,44
	Odpady 3	8,59	48,16
	average	100	31,00

Tabela 11

Wyniki flotacji z Flotakolem FX. Jeden etap flotacji głównej i jeden flotacji czyszczącej

Próba		Wychód %	Zawartość popiołu %
A	Koncentrat	21,94	10,95
	Odpady 1	47,17	41,04
	Odpady 2	30,89	29,57
	average	100	30,90
B	Koncentrat	34,62	6,33
	Odpady 1	48,04	41,73
	Odpady 2	17,34	31,35
	average	100	27,88
C	Koncentrat	32,72	8,34
	Odpady 1	45,91	48,54
	Odpady 2	21,37	27,84
	average	100	30,99
D	Koncentrat	63,81	6,99
	Odpady 1	25,73	76,4
	Odpady 2	10,46	48,11
	average	100	29,15
E	Koncentrat	56,27	9,23
	Odpady 1	27,56	71,13
	Odpady 2	16,17	37,92
	average	100	30,93

3. Wnioski

Najlepsze wyniki (najwyższą selektywność) spośród 5 badanych odczynników otrzymano dla Montanolu i Flotakolu NX. Określono optymalne dawki odczynników: 500 g/t Montanolu i 600 g/t Flotakolu NX.

Optymalny układ flotacji, pozwalający na uzyskanie najwyższej selektywności rozdziela oraz najniższej zawartości popiołu w koncentracie, składa się z jednego etapu flotacji głównej i jednej flotacji czyszczącej.

LITERATURA

1. Sablik J.: Flotacja węgla kamiennych, Wyd. GIG, Katowice 1998.
2. Stachurski J., Michałek M., Tora B.: The influence of some factors on Coal Flotation, Int. Conf; New Trends in Mineral Processing, Ostrava 1999, p.183-191.
3. P. Fecko: Netradicni způsoby upravy černouhelných kalů, Ostrava 2001.
4. Materiały firmy Reaflot sp. z o.o. Zabrze, ul. 11 listopada 101.

Recenzent: Dr hab. inż. Andrzej Ślącza, prof. Pol. Śl.

Abstract

The results of the investigation on flotation of the slime coal from The Mine Frantisek (Ostrava-Karvina Region in Czech Republic) are presented. The aim of this work is comparison of several collectors used in the flotation: Montanol, Flotakol NX, Ekofol 440, PE₂ and AF₂. The samples of coal was taken from preparation plant from the flotation feed. The mineralogical and petrography analysis of the samples were done by Institute of Geology in VSB-Technical University Ostrava according to the Czech standard CSN 441343 and CSN 441344. Coal samples from Mine Frantisek contains 77,6 % of vitrinite, 4,4% of liptinite and 18,0% of inertinite. Pyrite occurred as small separated grains.

The objective of this investigation was to compare and to determine the consumption of collectors and its selectivity during the flotation tests. The investigation was done on slim coal from Mine Frantisek from Ostrava-Karvina Region (Czech Republic).

The selectivity of separation process shown that Flotakol NX and Montanol are better than other collectors. For both collectors optimal doses were determined. Optimisation of the technological scheme of the flotation was done.

The results of the investigation shown that the best selectivity of separation and the most stabile froth and the higher yield was obtained using Montanol. Also the consumption of this collector is less than Flotakol NX but the price of Flotakol NX is lower.

Spectroscopic analysis of reagents was done in Main Chemical Laboratory in VSB TU Ostrava. These analysis showed that all reagents consist of similar functional groups. Figure 1 presents the spectrograms of tested samples of collectors.

Each collector is composed of long-chain alcohols and esters, with some activator admixture. They are free of oil and phenols. Each is a save reagent as regarding toxicity and is friendly to the environment.

The results of flotation tests depends considerable on the type and selectivity of the collectors. The aim of laboratory investigation was to characterise collectors during flotation and to determine optimal dose of collectors.

Flotation tests were done in laboratory of Institute of Environmental Engineering VSB-TU Ostrava. Obtained data shows that optimal dose of Montanol is 500 g/tonne and optimal dose of Flotakol NX is 600 g/tonne.

Developing the new reagents with better properties, less hazardous to the environment and with more competitive price is a current problem in optimisation of coal flotation.

Flotakol NX and Montanol have the best selectivity of separation. For both collectors optimal doses were determined. Optimisation of the technological scheme of the flotation was done. The results of the investigation showed that the best selectivity of separation and the most stabile froth and the higher yield are obtained using Montanol and Flotakol NX. Also the consumption of Montanol is less than Flotakol NX but the price of Flotakol NX is lower.

Both reagents Montanol and Flotakol NX were used as collector and frother. The optimal dose of collector are following: 500 g/t of Montanol, 600 g/t Flotakol NX. Beneficiation by flotation with Montanol allows one to obtain concentrates with ash contents of 5-10 %.

The optimal technological scheme of flotation is: one stage of the main flotation and two stages of cleaning flotation.