

PORÓWNYWANIE UZYSKÓW ŁUPKA MIEDZIONOŚNEGO FLOTACYJNIE SEPAROWANEGO Z MIESZANINY MODELOWEJ Z KWARCEM W OBECNOŚCI SPIENIACZY

Mengsu PENG, Jan DRZYMAŁA

Politechnika Wrocławska, jan.drzymala@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE

W pracy badano flotację łupka miedzi pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego znajdującego się w mieszaninie z kwarcem w obecności samych speniaczy. Badany łupek, którego hydrofobowość wyrażona kątem zwilżania wynosiła około 45 stopni, ulegał flotacji w obecności metyloizobutylokarbinolu (MIBC), butanolu oraz eteru heksadecyloicosaetylenoglikolowego $C_{16}E_{20}$, podczas gdy kwarc, mając kąt zwilżania około 18 stopni, nie flotował. W pracy potwierdzono, że zdolność do flotacji badanych speniaczy staje się podobna, jeżeli porównania dokona się w oparciu o znormalizowane stężenie speniacza C/CCC , gdzie C oznacza stężenie speniacza, a CCC jest krytycznym stężeniem koalescencji, to jest stężeniem speniacza, przy którym nie następuje koalescencja pęcherzyków gazowych.

WPROWADZENIE

Łupki miedzionośne poddane flotacji w wodzie pęcherzykami powietrza bez obecności odczynników flotacyjnych nie ulegają flotacji (Drzymała i Bigosiński, 1995), co sugeruje, że łupek jest hydrofilny. Jednakże bezpośrednie pomiary kąta zwilżania łupka miedzionośnego metodą siedzącej kropli wskazują, że łupki pochodzące z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) są naturalnie hydrofobowe (Bednarek i Kowalczyk, 2014; Kowalczyk i inni, 2014). Wiadomo też, że łupki miedzionośne mogą być flotowane w obecności speniacza bez dodawania zbieracza (Konieczny i inni, 2013). Należy zatem przypuszczać, że powodem dobrej flotacji łupka w obecności tylko speniaczy jest ich naturalna hydrofobowość, która przekłada się na flotację, pod warunkiem że w układzie znajduje się speniacz. Zachodzi zatem pytanie czy rodzaj speniacza wpływa na flotację łupka. Dla znalezienia odpowiedzi na to pytanie łupek znajdujący się w mieszaninie z nieflotującym kwarcem poddano flotacji w laboratoryjnej maszynie flotacyjnej w obecności trzech bardzo różnych speniaczy i przy różnych ich stężeniach w roztworze wodnym.

CZEŚĆ EKSPERYMENTALNA

Do badań użyto n-butanolu, odczynnika Brij58 zawierającego głównie eter heksadecyloicosaetylenoglikolowy ($C_{16}H_{33}O(C_2H_4O)_{20}H$ lub w skrócie $C_{16}E_{20}$) oraz metyloizobutylo carbinol (MIBC). Do badań stosowano ich 0,7% roztwory wodne. Właściwości speniaczy, w tym ich masę molową (MW), bilans lipofilowo-hydrofilowy (HLB) oraz krytyczne stężenie koalescencji (CCC), podano w tabeli 1.

Nadawa na flotację zawierała 80% łupka i 20% kwarcu. Skład ziarnowy obu substancji był zbliżony (tabela 2).

Do badań użyto łupka smolistego z pochodzącego z ZG/Rudna (KGHM Polska Miedź S.A.). Charakterystykę łupka (A) podano w pracy Bakalarz (2014). Łupek rozdrabniano na sucho, najpierw w łamaczu szczękowym (do uziarnienia 10 mm), następnie w dezintegratorze palcowym (do uziarnienia 1 mm) i ostatecznie na mokro w młynku kulowym. Z otrzymanego materiału odsiano frakcje powyżej 250 i poniżej 40 μm . Kąt zwilżania badanego łupka był mierzony metodą siedzącej kropki i wynosił: spoczynkowy 47°, postępujący 54°, cofający 35°, średni 45°.

Kwarc użyty do badań kąta zwilżania pochodził z Jęglowej i miał postać monokryształów. Jego kąt zwilżania, mierzony metodą siedzącej kropki wynosił: równowagowy 18°, postępujący 24°, cofający 13°, średni 18°. Do badań flotacyjnych użyto piasku kwarcowego pochodzącego z Osiecznej. Z materiału tego odsiano frakcje powyżej 250 i poniżej 40 μm . W czasie badań nie stwierdzono flotacji kwarcu, a jego wyniesienie mechaniczne było niewielkie (Peng, 2014).

Tabela 1.

Charakterystyka użytych w badaniach spieniaczy. CCC MIBC (Krach and Finch, 2010; Gupta et al., 2007), butanolu (Zhang et al., 2012), C₁₆E₂₀ (obliczone ze wzoru Kowalczyka, 2013)

Spieniacz	MW (g/mol)	HLB	CCC (mmol/dm ³)
MIBC	102	6	0,851
Butanol	74	7	0,110
C ₁₆ E ₂₀	1124	16	0,032

Tabela 2.

Skład nadawy do flotacji

Rozmiar ziarn (μm)	Łupek (%)	Kwarc (%)
+250	0	0
+100	29,11	18,75
+71	33,50	43,39
+40	38,40	37,85
-40	0	0

Flotację przeprowadzono w laboratoryjnej maszynie flotacyjnej typu Mechanobr, która posiadała celkę flotacyjną o objętości 300 cm³ wykonaną z plexiglasu. Zawiesina zawierała 70 g ciał stałych i była uzupełniana wodą destylowaną do objętości komory 300 cm³. Następnie włączano maszynę, dodawano spieniacz, prowadzono kondycjonowanie przez 1 minutę i rozpoczynano flotację. Zbierano produkty flotacji po 20, 40, 80, 160 sekundach od rozpoczęcia flotacji. Flotację kończono po 5 minutach flotacji. Koncentraty i odpady były suszone w temperaturze 80 °C przez 24 godziny. Następnie produkty flotacji ważono i poddawano analizie mikroskopowej na zawartość łupka i kwarcu.

WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Wyniki separacji łupka od kwarcu za pomocą flotacji przedstawiono w tabeli 3. Ponieważ celem pracy były porównanie flotacji łupka w obecności trzech różnych spieniaczy, otrzymane wartości przedstawiono również w formie graficznej w postaci zależności uzysku łupka od stężenia spieniacza. Ponieważ stężenie spieniacza może być wyrażone w różny sposób, w tym w gramach spieniacza na megagram nadawy, w milimolach spieniacza na objętość roztworu w którym prowadzi się flotację, a także w oparciu o sugestie zawarte w raporcie

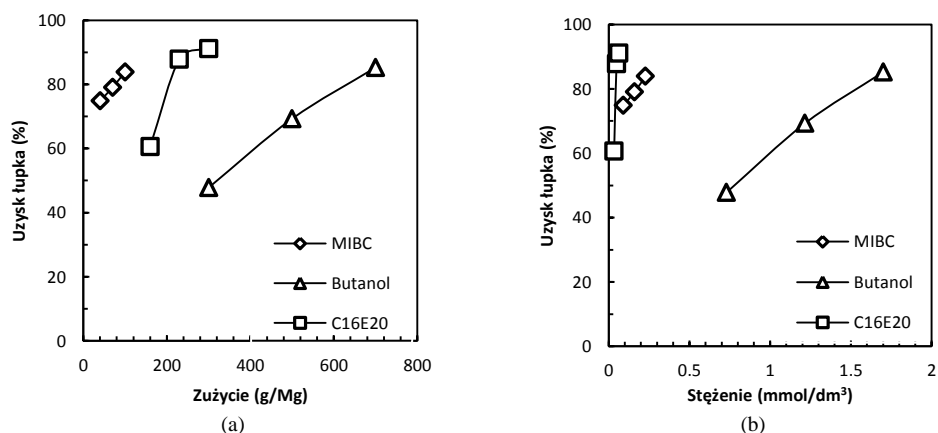
Łuszczkiewicza i innych (2013) w postaci znormalizowanego stężenia C/CCC , sporządzono trzy rysunki (rys. 1a, 1b, -2). W wyrażeniu C/CCC C oznacza stężenie spieniacza, a CCC jest krytycznym stężeniem koalescencji, to jest stężeniem spieniacza, przy którym nie następuje koalescencja pęcherzyków gazowych. W przypadku stosowania znormalizowanego stężenia C/CCC , jednostki stężeń spieniacza muszą być takie same. W tabeli 4. pokazano użyte w badaniach stężenia spieniacza wyrażone na trzy omawiane sposoby.

Tabela 3.
Wychód, zawartość oraz uzysk flotacji mieszaniny łupka (80%) i kwarcu (20%) w obecności różnych spieniaczy po czasie flotacji wynoszącym 5 minut

Spieniacz	Zużycie (g/Mg)	Wychód (%)	Zawartość (%)	Uzysk (%)
MIBC	40	24,04	99,72	74,86
	70	25,41	99,67	79,06
	100	26,61	99,48	83,89
Butanol	300	17,14	99,29	47,78
	500	22,83	99,22	69,27
	700	28,13	98,64	85,26
C ₁₆ E ₂₀	160	20,80	99,12	60,61
	230	29,55	98,32	87,78
	300	31,50	97,47	91,12

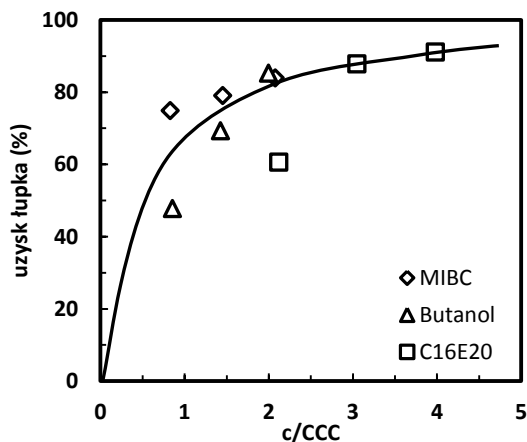
Tabela 4.
Różne sposoby wyrażenia stężeń stosowanych do flotacji spieniaczy

Spieniacz	CCC (mmol/dm ³)	Zużycie (g/Mg)	Stężenie (mmol/dm ³)	C/CCC
MIBC	0.11	40	0,09	0,83
		70	0,16	1,46
		100	0,23	2,08
Butanol	0.85	300	0,73	0,86
		500	1,22	1,43
		700	1,70	2,00
C ₁₆ E ₂₀	0.016	160	0,03	2,05
		230	0,05	3,05
		300	0,06	3,98



Rysunek 1.

Uzysk łupka w zależności od dawki spieniacza wyrażonej (a) w gramach na megagram nadawy (g/Mg) oraz (b) w milimolach spieniacza na dm³ roztworu



Rysunek 2.

Uzysk łupka w zależności od dawki spieniacza wyrażonej w formie znormalizowanego stężenia (C/CCC)

Porównanie rysunków wskazuje, że dopiero przedstawienie uzysku łupka od znormalizowanego stężenia C/CCC dostarcza informacji, że badane spieniacze działają prawie podobnie, ale przy innym ich zużyciu, wynikającym ze zdolności spieniaczy do zapobiegania koalescencji pęcherzyków gazowych, charakteryzowanych przez CCC .

PODZIĘKOWANIA

Praca była częściowo realizowana w ramach zlecenia statutowego Politechniki Wrocławskiej nr S30 103.

LITERATURA

- Bakalarz, A., 2014, *Charakterystyka chemiczna i mineralogiczna łupków pochodzących z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedzianego*, w: *Łupek miedzianośny*, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 13-18.
- Bednarek, P., Kowalczyk P.B., 2014, *Kąt zwilżania łupka miedzianośnego w obecności wybranych spieniaczy*, w: *Łupek miedzianośny*, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 51-55.
- Drzymała, J., Bigosiński, J., 1995, *Collectorless Flotation of Sulfides Occuring in the Fore-Sudetic Copper Minerals Deposit of SW Poland*, *Mineralogia Polonica*, 26(1), 63-73.
- Łuszczkiewicz A., Drzymała J., Foszcz D., Duchnowska M., Bakalarz A., Szyszka D., Tumidajski T., Konopacka Ż., Niedoba T., Kowalczyk P.B., Hupka J., Niewiadomski M., Karwowski P., Książnik K., Rogala A., 2013, *Opracowanie metodyki badania odczynników flotacyjnych pod kątem ich własności użytkowych*. Raport Nr I-11/2013/S-30, Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, grudzień 2013.
- Gupta, A.K., Banerjee, P.K., Mishra, A., Satish, P., Pradip, 2007. *Effect of alcohol and polyglycol ether frother on foam stability, bubble size and coal flotation*, *Int. J. Min. Process.*, 82, 126-137.
- Konieczny A., Pawlos W., Krzeminska M., Kaleta R., Kurzydło P., 2013, *Evaluation of organic carbon separation from copper ore by pre-flotation*, *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 49(1), 189–201.

- Kowalczuk, P.B., Buluc, B., Sahbaz, O., Drzymała, J., 2014, *In search of an efficient frother for pre-flotation of carbonaceous shale from the Kupferschiefer stratiform copper ore*, Physicochem. Probl. Miner. Process., 50(2), 835-840.
- Kowalczuk, P.B., 2013. *Determination of Critical Coalescence Concentration and bubble size for surfactants used as flotation frothers*, Ind. Eng. Chem., Res., 52, 11752-11757.
- Kracht W., Finch, J.A., 2010, *Effect of frother on initial bubble shape and velocity*, Int. J. Min. Process., 94, 115-120.
- Peng M., 2014, *Separation of copper-bearing carbonaceous shale from quartz by flotation in the presence of frothers*, praca dyplomowa inżynierska, opiekun J. Drzymała, Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii.
- Zang, W., Nasset J., Rao, R., Finch, J.A., *Characterizing frothers through critical coalescence concentration (CCC) –hydrophile-lipophile balance (HLB) relationship*, Minerals, 2, 208-227.

