

Wpływ mieszanych spieniaczy na flotację łupka miedzionośnego

Paulina M. Pązik, Jan Drzymała, Przemysław B. Kowalczuk

Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Wybrzeże Wyspiańskiego 27,
50-370 Wrocław, paulina.pazik@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE

Łupek miedzionośny pochodzący z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego poddany był flotacji w obecności dwóch spieniaczy metyloizobutylokarbinolu (MIBC) i eteru butylowo-trójpropylenoglikowego (C_4P_3) oraz ich mieszanek w stosunku MIBC: C_4P_3 1:9, 5:5 i 9:1. Wykazano, że wykorzystanie mieszanek spieniaczy nieznacznie poprawia wychód łupka (około 6%), w porównaniu z wynikami flotacji czystymi spieniaczami. Najlepszy wynik flotacji osiągnięto dla mieszaniny MIBC i C_4P_3 , 9:1 i wyniósł on 91% maksymalnego wychodu łupka miedzionośnego. Zatem zaobserwowano efekt synergiczny flotacji dzięki zastosowaniu mieszanych spieniaczy w postaci MIBC i C_4P_3 .

WSTĘP

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych form wzbogacania surowców mineralnych jest flotacja. Wpływ spieniaczy na flotację łupka miedzionośnego został już szeroko zbadany i opisany w pierwszej części monografii Łupek Miedzionośny (2014). W tej monografii badano różne speniacze flotacyjne (MIBC, n-oktanol, butanol, C_2E_2 , C_4E_1 , C_4E_2 , C_4E_3 , C_4P_3 , $C_{16}E_{20}$) i ich wpływ na właściwości i flotację łupka (Bednarek i Kowalczuk, 2014; Peng i Drzymała, 2014a; Szyszka i inni, 2014; Peng i Drzymała, 2014b; Drzymała, 2014; Witecki i inni, 2014; Szajowska i inni, 2014; Cichański i Drzymała, 2014; Szyszka i inni, 2014).

Mieszanie spieniaczy i ich oddziaływanie na proces było już wielokrotnie badane z różnym efektem. Celem takich badań jest sprawdzenie czy mieszanka spieniaczy może przynieść lepsze efekty w procesie flotacji niż zastosowanie tych samych spieniaczy osobno. Laskowski i in. (2003) oceniał właściwości mieszanych spieniaczy składających się z metyloizobutylokarbinolu (MIBC) i glikoli polipropylenowych. Podstawą oceny ich działania były pomiary wielkości pęcherzyków gazowych i dynamicznego wskaźnika pienienia (DFI). Badania wykazywały, że dodanie niewielkiej ilości poliglikoli do MIBC zdominowały właściwości całej mieszanki (Laskowski i inni, 2003). Elmahdy i Finch (2009) badali wpływ mieszanek spieniaczy (poliglikoli z alkoholami) na rozmiar pęcherzyków gazowych, wielkość przepływu powietrza i wysokość piany. Według ich badań wielkość pęcherzyków została znacznie zredukowana stosując mieszankę w porównaniu do wielkości pęcherzyków przy zastosowaniu czystych spieniaczy (Elmahdy i Finch, 2009). Tan i inni (2005) odkryli synergizm połączenia glikoli polipropylenowych z MIBC. Według ich badań mieszanie spieniaczy skutkowało lepszymi właściwościami pniącymi niż czystych spieniaczy (Tan i inni, 2005). Shobhana i inni (2014) badali wpływ mieszanek spieniaczy na flotację węgla. Połączenie glikoli polietylenowych z MIBC skutkowało spadkiem napięcia powierzchniowego w układzie. Najlepsze wyniki otrzymano dla mieszaniny MIBC:glikol 90:10. Według nich dodatek 10% glikolu do mieszanki poprawiło zdolności spieniające MIBC jak i selektywność samego glikolu (Shobhana i inni, 2014). Ten sam efekt synergizmu uzyskano w badaniach

Ngoroma i in. (2013) nad mieszankami speniaczy przy flotacji platynowców. Do eksperymentów zastosowano poliglikole i alkohole. Wyniki flotacji także wskazywały, że najlepsze efekty uzyskano stosując mieszanki 80:20 i 20:80, czyli mieszanki w których dodano niewielkie ilości drugiego speniacza.

Celem tej pracy było zbadanie wpływu mieszania metyloizobutylokarbinolu (MIBC) i eteru butylowo-trójpropylenoglikowego (C_4P_3) we flotacji naturalnie hydrofobowego łupka miedzionośnego.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Do badań użyto łupka miedzionośnego pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego z ZG Polkowice-Sieroszowice. Badany materiał zawierał 7,11% miedzi i 8,26% węgla organicznego (Bakalarz, 2014). Łupek miedzionośny poddany był kruszeniu w kruszarce szczękowej, a następnie w dezintegratorze palcowym. Do flotacji wykorzystano łupek o rozmiarze ziaren mniejszych niż 200 μm . Rozdrobniony materiał flotowano w maszynie mechanicznej typu Mechanobr. Eksperymenty przeprowadzono w celce flotacyjnej o pojemności 250 cm^3 przy stałych obrotach wirnika wynoszących 2680 obrotów/min i przepływie powietrza 40-50 dm^3/h . Flotacje dla danej mieszanki były przeprowadzone dwukrotnie. Natomiast wyniki zostały uśrednione. Otrzymywane produkty były suszone w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 105 $^\circ\text{C}$.

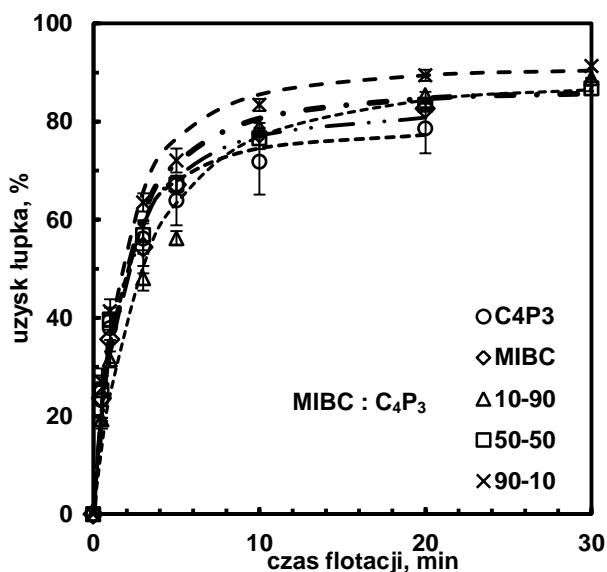
Jako speniacze do badań stosowano metyloizobutylokarbinol (MIBC) oraz eter butylowo-trójpropylenoglikowy (C_4P_3) o stężeniach odpowiednio 0,13 g/dm^3 i 0,028 g/dm^3 . Charakterystyka wybranych speniaczy została przedstawiona w tabeli 1. Mieszanki przygotowywano w proporcjach 1:9, 5:5 i 9:1 (MIBC: C_4P_3).

Tabela 1.
Charakterystyka wybranych speniaczy

Właściwości	MIBC	C_4P_3
Formuła	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{O}(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_2\text{C}_3\text{H}_6\text{OH}$
Wzór chemiczny	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$	$\text{C}_{13}\text{H}_{28}\text{O}_4$
Stężenie, g/dm^3	0,13	0,28
Gęstość, g/cm^3	0,802	0,932
Masa molowa, g/mol	102,17	248,36

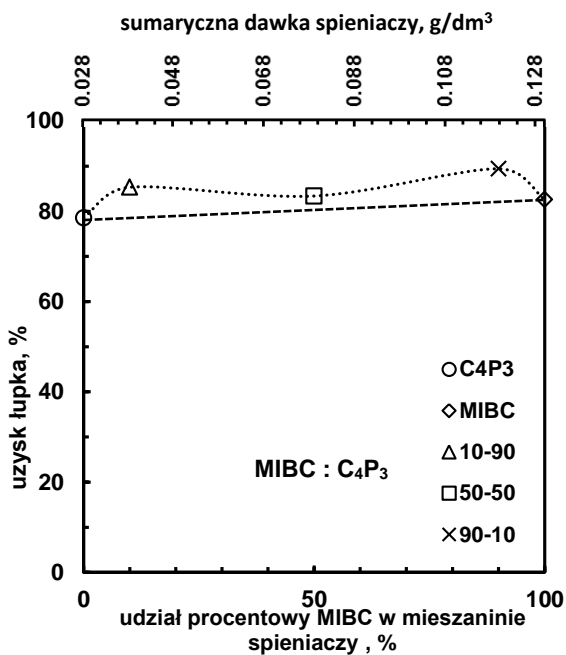
WYNIKI I DYSKUSJA BADAŃ

Na rysunku 1. przedstawiono wykres kinetyki flotacji dla łupka miedzionośnego w obecności czystych i mieszanych speniaczy opisano równaniem kinetyki rzędu 3/2. Flotacja z użyciem 10% MIBC i 90% C_4P_3 w mieszaninie zachodzi początkowo wolniej od flotacji w obecności samych speniaczy i mieszanek w innych proporcjach. Reszta flotacji przebiega w podobnym tempie. Maksymalne wychody wahały się w zakresie od 78 do 92%. Flotacje z wykorzystaniem speniaczy MIBC i C_4P_3 prowadzono przez 20 min, otrzymując maksymalny wychód odpowiednio 83 i 79%. Mieszanki tych speniaczy flotowano przez 30 min, a maksymalne wychody wyniosły w przypadku 1:9 (MIBC: C_4P_3) 89%, 5:5 wyniósł 87% i 9:1 osiągnął 91%. Dla porównania w 20 min flotacji łupka miedzionośnego w obecności mieszanek otrzymano wychody 1:9 85%, 5:5 83% oraz dla 9:1 89%. Wyniki przedstawione na rys. 1. wskazują, że najlepszy rezultat uzyskano we flotacji dla mieszaniny speniaczy w stosunku 9:1 (MIBC: C_4P_3), czyli z niewielkim dodatkiem drugiego speniacza.



Rysunek 1.

Wykres kinetyki łupka miedzionośnego w funkcji czasu dla badanych speniaczy i ich mieszanek (gdzie pierwsza liczba w mieszance to procentowa zawartość MIBC, a druga C₄P₃).



Rysunek 2.

Wykres maksymalnego wychodu łupka miedzionośnego od stężenia speniacza, czas flotacji 20 min (gdzie pierwsza liczba w mieszance to procentowa zawartość MIBC, a druga C₄P₃).

Na rysunku 2. porównano efekt działania mieszanek speniaczy po 20 min flotacji. Nachylona linia prosta łącząca wychody dla czystego MIBC i czystego C_4P_3 wskazuje spodziewane wyniki flotacji gdy nie istnieją żadne synergiczne czy antagonistyczne efekty ich stosowania we flotacji. Jeśli punkty pomiarowe wychodów flotacji nie leżą na tej prostej, wówczas wskazuje to na działanie synergiczne (usprawniające) lub antagoniczne (pogarszające) badanych mieszanek. Otrzymane wyniki wskazują, że zbadane mieszanki speniaczy polepszyły wyniki flotacji łupka miedzionośnego średnio o około 6% we flotacji MIBC: C_4P_3 9:1. Obserwowany efekt synergiczny nie zależy od użytego sposobu wyrażania stężeń speniaczy. Podobne wyniki synergizmu zaobserwowano dla mieszaniny speniaczy MIBC i eteru monoetylowo-dietylenoglikolowego (C_4E_2), a efekty antagonistyczne dla mieszanin MIBC i eteru butyloowo-dwuetylenoglikolowego (C_2E_2) (Lasia i inni, 2016) oraz dla mieszanek alfa-tepineolu i soli NaCl (Bajek i inni, 2016).

WNIOSKI

Otrzymane wyniki wskazują, że połączenie takich odczynników spieniających metyloizobutylokarbinol z eterem butyloowo-trójpropylenoglikowym nieznacznie poprawiły otrzymane wyniki flotacji o średnio 6%. Najlepszy rezultat osiągnięto przy zastosowaniu mieszanki 90% poliglikolu z dodatkiem 10% alkoholu MIBC gdyż maksymalny wychód wyniósł $91 \pm 1\%$. Z wyników flotacji można zaobserwować, że mieszaniny speniaczy wykazały nieznaczny efekt synergiczny.

PODZIĘKOWANIA

Praca powstała częściowo w ramach zlecenia statutowego Politechniki Wrocławskiej S 50167.

LITERATURA

- BAJEK K., RATAJCZAK T., 2016. *Wpływ speniacza na flotację solną łupka miedzionośnego*. W: Monografia Łupek miedzionośny II cz., Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 188-191.
- BAKALARZ, A. 2014. *Charakterystyka chemiczna i mineralogiczna wybranych łupków pochodzących z Legnicka-Głogowskiego okręgu miedzionośnego*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 13-18
- BEDNAREK P., KOWALCZYK P.B., 2014. *Kąt zwilżania łupka miedzionośnego w obecności wybranych speniaczy*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 51-55
- CICHAŃSKI J., DRZYMAŁA J., 2014. *Flotacja łupka miedziożowego w obecności gamma-walerolaktonu jako speniacza*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 99-102
- DRZYMAŁA J., 2014. *Flotometryczna hydrofobowość łupka miedzionośnego*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 77-82
- ELMAHDY, A.M., FINCH, J.A., 2009. *Effect of frother blends on hydrodynamic properties in Advances in Mineral Science*. 7th UBC-McGill-UA International Symposium on Fundamentals of Mineral Processing, 23-26, 125-134.
- KLIMPEL, R.R., 1991. *Some industrial implications of changing frother chemical structure*. Int. J. Miner. Process. 33 (1-4), 369.
- LASIA J., ŁAKOTA M., DRZYMAŁA J., 2016. *Flotacja łupka miedzionośnego za pomocą speniaczy i ich mieszanin*. W: Monografia Łupek miedzionośny II cz., Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 170-174.

- LASKOWSKI, J.S., TLHONE, T., WILLIAMS, P., DING, K., 2003. *Fundamental properties of the polyoxypropylene alkyl ether flotation frothers*, International Journal of Mineral Processing 72, 289–299.
- NGOROMA F., WIESE J., FRANZIDIS J.P., 2013. *The effect of frother blends on the flotation performance of selected PGM bearing ores*, Minerals Engineering 46–47, 76–82.
- PENG M., DRZYMAŁA J., 2014a. *Dzeta potencjał łupka miedziowego w wodzie oraz w wodnych roztworach speniaczy flotacyjnych*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 57-60.
- PENG M., DRZYMAŁA J., 2014b. *Porównywanie uzysków łupka miedzionośnego flotacyjnie separowanego z mieszaniny modelowej z kwarcem w obecności speniaczy*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 71-76
- RAO S., LEJA J., 2004. *Surface Chemistry of Froth Flotation*, Second Edition, Volum 2, Reagents and Mechanisms, New York
- SHOBHANA D., SANTOSH P., RATNAKAR S., 2014. *Study of interactions of frother blends and its effect on coal flotation*, Powder Technology 260, 78–83
- SZAJOWSKA J., WEJMAN K., KOWALCZYK P.B., 2014. *Flotacja pianowa ziarn łupka i kwarcu w celce Hallimonda*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 91-98
- SZYSZKA D., PAŹIK P., ZWIERZCHOWSKA A., 2014. *Flotacja łupka miedzionośnego w obecności eterów butylowo-etylenoglikolowego i butylowo-dwuetylenoglikolowego*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 103-106
- SZYSZKA D., SIWIAK M., KOWALCZYK P.B., 2014. *Kinetyka flotacji łupka miedzionośnego za pomocą eteru butylo-trójpropylenoglikolowego (C₄P₃)*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 65-70
- TAN S. N., PUGH R.J., FORNASIERO D., SEDEV R., RALSTON J., 2005. *Foaming of polypropylene glycols and glycol/MIBC mixtures*, Minerals Engineering 18, 179–188
- WITECKI K., DUCHNOWSKA M., KOWALCZYK P.B., 2014. *Rozmiar i hydrofobowość flotujących ziarn łupka miedzionośnego w obecności speniaczy*. W: Monografia Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 83-90