

Flotacja łupka miedzionośnego w szerokim zakresie stężenia spieniacza

Katarzyna Kowalczevska, Tomasz Ratajczak

Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, e-mail: tomasz.ratajczak@pwr.edu.pl

Streszczenie

W pracy wyznaczono kinetykę flotacji łupka miedzionośnego B, w obecności spieniaczy o szerokim zakresie stężenia: alfa-terpineolu (0,002%–0,2%), MIBC (0,05%–1%) oraz C4E1 (0,01%–0,1%). Dodatkowo, przeprowadzono pomiary wysokości piany flotacyjnej. Stwierdzono, że wychód flotacji łupka miedzionośnego jest zależny od rodzaju zastosowanego spieniacza i jego stężenia. Im wyższe jest stężenie MIBC, tym wychód flotacji łupka miedzionośnego jest większy, w przeciwieństwie do alfa-terpineolu. Wychód flotacji łupka miedzionośnego w obecności C4E1, wzrasta wraz ze wzrostem stężenia w przedziale od 0,01% do 0,05% i maleje wraz ze wzrostem stężenia w przedziale od 0,05% do 0,1%.

Wprowadzenie

Flotacja łupka miedzionośnego była przedmiotem wielu badań (Drzymała i Kowalczuk, 2014; Kowalczuk i Drzymała, 2016; 2017; Ratajczak i Drzymała, 2018), z których wynika, że skuteczną flotację łupków można prowadzić w obecności spieniaczy, bez dodawania kolektorów. Działanie to związane jest z obecnością w łupku miedzionośnym substancji organicznej, w postaci węgla organicznego. Wraz ze wzrostem jego zawartości wzrasta hydrofobowość łupka (Kowalczuk i inni, 2014; Kubiak i Drzymała, 2017), a przez to i skuteczność preflotacji. Wykazano, że łupek skutecznie flotuje w obecności spieniaczy, przy zastosowaniu roztworów 0,01–0,1% i dawce 150–300 g/Mg (Redlicki i Drzymała, 2016; Tünbel i inni, 2016; Szyszka i inni, 2014).

Celem pracy było zbadanie kinetyki flotacji łupka miedzionośnego B (Drzymała i inni, 2017) w obecności szerokiego zakresu stężeń spieniaczy, na przykładzie alfa-terpineolu (0,002%–0,2%), MIBC (0,05–1%) oraz C4E1 (0,01–0,1%). Dodatkowo, w czasie flotacji łupka badano wysokość piany flotacyjnej, w obecności testowanych roztworów spieniaczy.

Metodyka badań

Nadawę łupka miedzionośnego B, w ilości 30 g wsypano do komory celki flotacyjnej, którą napełniono roztworem przygotowanego spieniacza i ręcznie wymieszano zawiesinę przez minutę, przy użyciu szklanej bagietki. Następnie zamocowano celkę flotacyjną w maszynie i dopełniono ją roztworem spieniacza do zaznaczonego poziomu. Po sprawdzeniu czy zawór wlotu powietrza jest zamknięty, włączono napęd wirnika i zawiesina łupka B z wodnym roztworem spieniacza była mieszana przez 3 minuty tak, aby łupek miedzionośny został całkowicie zwilżony.

Po tym czasie, otworzono zawór wlotu zasysanego przez wirnik powietrza i przez cały przebieg flotacji utrzymywano przepływ powietrza na poziomie 5–6 dm³/h, przy użyciu przepływomierza. Po otwarciu zaworu rozpoczęto ręczne zgarnianie piany z powierzchni zawiesiny do podstawionego na ruchomej podstawie maszyny szklanego naczynia. Do ewentualnego

gaszenia piany oraz oczyszczania ścianek celki flotacyjnej z ziaren łupka miedzionośnego używano wody destylowanej w tryskawce. Ubytek roztworu w celce flotacyjnej uzupełniano badanym spieniaczem.

Z chwilą pierwszego zgarnięcia piany rozpoczęto pomiar czasu zbierania danego produktu. Produkty flotacji zbierano w ciągu następujących odcinków czasu: 30 s, 1 min, 5 min, 10 min, 13,5 min, w sumie przez 30 minut. Materiał pozostały w celce stanowił odpad. Ponadto, z chwilą pierwszego zgarnięcia piany każdego z koncentratów mierzono wysokość piany przy użyciu podziałki centymetrowej, wcześniej wyskalowanej na celce flotacyjnej.

Po wykonaniu eksperymentu, każdy z produktów flotacji, koncentraty i odpad przemyto 1 dm³ wody destylowanej i przesączono w zestawie z kolbą próżniową i lejkiem Büchnera. Każdy z przemytych produktów suszono w suszarce w temperaturze 105°C, przez około 24 godziny, a następnie zważono, w celu określenia wychodów produktów flotacji.

Kinetykę flotacji łupka B opisano równaniem (1). Wartość współczynnika k wyznaczono w programie Excel, na podstawie wartości γ , γ_{\max} oraz t . Wyznaczono też wartość współczynnika korelacji R^2 , który, w tym przypadku, jest stopniem dopasowania równania kinetyki flotacji I rzędu do punktów doświadczalnych.

$$\gamma = \gamma_{\max}(1 - e^{-kt}), \quad (1)$$

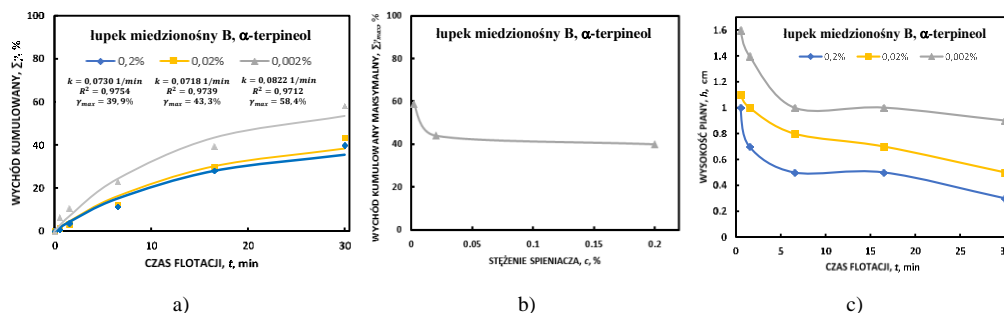
gdzie:

- γ – wychód flotacji dla czasu t , %
- γ_{\max} – maksymalny wychód flotacji, %
- t – czas flotacji, min
- k – stała szybkości flotacji, 1/min.

Dokładniejszy opis prac przygotowawczych dla badanych próbek łupka miedzionośnego oraz metodyki badawczej można znaleźć w pracy dyplomowej Kowalczevskiej (2020).

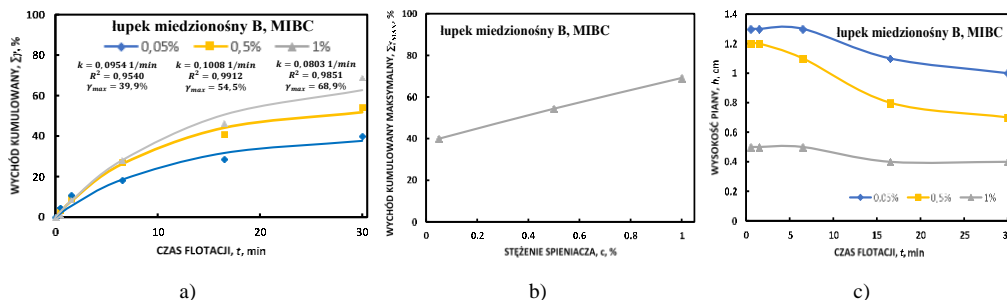
Wyniki i dyskusja badań

Na rysunku 1 zilustrowano kinetykę flotacji łupka miedzionośnego B oraz wysokości piany flotacyjnej łupka w obecności alfa-terpineolu o stężeniach: 0,2%, 0,02% i 0,002%. Z przedstawionych danych, wynika, że wraz ze wzrostem stężenia badanego speniacza maleje wychód flotacji łupka B oraz, że wysokość piany jest odwrotnie proporcjonalna do stężenia wodnego roztworu alfa-terpineolu.

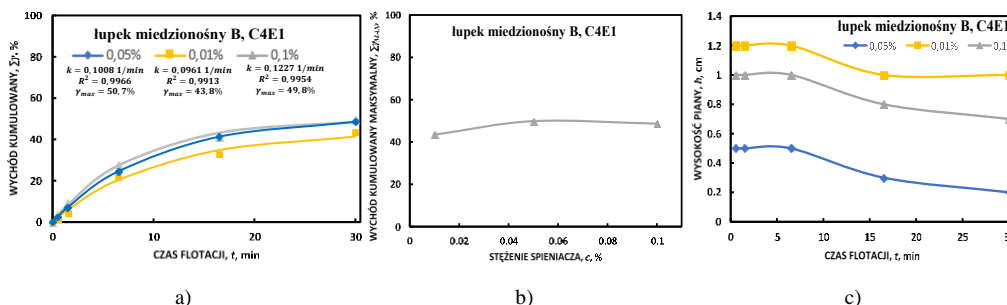


Rys. 1. a, b) Kinetyka flotacji łupka miedzionośnego B (I rzędu) oraz c) wysokość piany w obecności 0,2%, 0,02% i 0,002% alfa-terpineolu

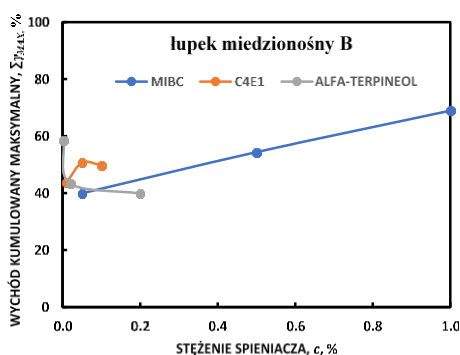
Wyniki flotacji łupka B w obecności MIBC oraz C4E1 przedstawiono odpowiednio na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. a, b) Kinetyka flotacji łupka miedzionośnego B (I rzędu) oraz c) wysokość piany w obecności 0,05%, 0,5% i 1,0% MIBC



Rys. 3. a, b) Kinetyka flotacji łupka miedzionośnego B (I rzędu) oraz c) wysokość piany w obecności 0,05%, 0,01% i 0,1% C4E1



Rys. 4. Zależność wychodu flotacji łupka miedzionośnego B od stężenia spieniacza

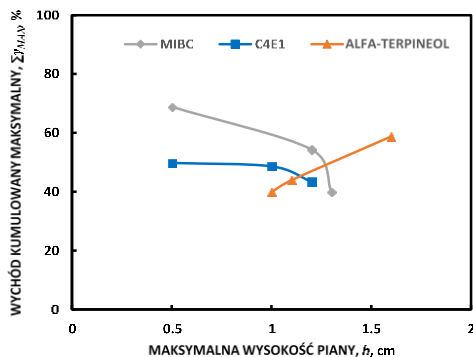
Na rysunku 4 pokazano wpływ stężeń zastosowanych spieniaczy, tj.: MIBC, C4E1 oraz alfa-terpineol na kinetykę procesu flotacji łupka miedzionośnego. Najefektywniej przebiegła

flotacja łupka B w obecności 1% MIBC (w ciągu 30 minut odnotowano wychód równy 69%). Maksymalny wychód w ciągu 30 minut dla alfa-terpineolu osiągnięto przy stężeniu 0,002% i wyniósł on 58%. Dla C4E1 w ciągu 30 minut uzyskano maksymalnie 51% wychód przy zastosowaniu jego 0,05% stężenia.

Z analizy rysunku 4, wynika, że:

- wychód flotacji łupka B wzrastał wraz ze wzrostem stężenia MIBC,
- im niższe stężenie alfa-terpineolu, tym flotacja łupka B przebiegła bardziej efektywnie,
- przy stężeniach 0,02–0,05% C4E1 zaobserwowano wzrost wychodu flotacji łupka B o około 8%, natomiast dla wyższych wartości stężenia C4E1 odnotowano niewielki ok. 2% spadek flotacji łupka B.

Dodatkowo, na podstawie przeprowadzonych badań, których wyniki zilustrowano na rysunkach 1–3, zauważono dwie różne zależności wychodu flotacji łupka miedzionośnego B od wysokości piany flotacyjnej (rys. 5). Dla alfa-terpineolu oraz dla mieszanin 0,05% C4E1 i 0,002% alfa-terpineolu wychód był wyższy dla wyższych pian flotacyjnych. Natomiast dla MIBC oraz dla C4E1 wychód łupka B był wyższy dla niższych pian flotacyjnych.



Rys. 5. Zależność wychodu flotacji łupka miedzionośnego B od wysokości piany flotacyjnej

Podsumowanie

W pracy badano wpływ spieniaczy MIBC (o stężeniach: 0,05%, 0,5% i 1%), C4E1 (o stężeniach 0,01%, 0,05% i 0,1%) i alfa-terpineolu (o stężeniach 0,002%, 0,02% i 0,2%) na flotację łupka miedzionośnego B, o uziarnieniu poniżej 0,1 mm.

Wykazano, że:

- wychód flotacji łupka miedzionośnego jest zależny od rodzaju zastosowanego spieniacza i jego stężenia,
- im wyższe stężenie MIBC w przedziale od 0,05% do 1%, tym wychód flotacji łupka miedzionośnego jest większy,
- im niższe stężenie alfa-terpineolu w przedziale od 0,002% do 0,2%, tym wychód flotacji łupka miedzionośnego jest większy,
- wychód flotacji łupka miedzionośnego w obecności C4E1 wzrasta wraz ze wzrostem stężenia w przedziale od 0,01% do 0,05% i maleje wraz ze wzrostem stężenia w przedziale od 0,05% do 0,1%,

- wychód flotacji łupka miedzionośnego w obecności alfa-terpineolu o stężeniu 0,2% był najniższy spośród wychodów uzyskanych podczas przeprowadzenia flotacji w innych konfiguracjach stężeń badanych spieniaczy,
- dla alfa-terpineolu wychód flotacji łupka wzrasta wprost proporcjonalnie do wysokości piany flotacyjnej, w przeciwieństwie do MIBC, gdzie obserwowano wyższe wychody łupka przy niższych wysokościach piany,
- najwyższą pianę flotacyjną zaobserwowano dla flotacji łupka miedzionośnego B w obecności 0,05% MIBC, a najniższą dla 0,05% C4E1.

Literatura

- DRZYMAŁA J., KARWOWSKI P., BOROWSKI K., PAZIK P.M., KOWALCZUK P.B., 2017. *Próba klasyfikacji łupków Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego na podstawie zawartości węglanów, minerałów ilastych, węgla organicznego oraz miedzi*. W: *Łupek miedzionośny III*, P.B. Kowalczuk, J. Drzymała (red.), WGGG PWr, Wrocław, 52–58.
- DRZYMAŁA J., KOWALCZUK P.B. (red.), 2014. *Łupek miedzionośny*, WGGG PWr, Wrocław.
- DUCHNOWSKA M., BAKALARZ A., ŁUSZCZKIEWICZ A., 2019. *Influence of reagent dose on the flotation selectivity of copper ore from LGOM area (SW Poland)*, Mineral Engineering Conference (MEC 2019), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 641 (2019) 012016, Wrocław.
- KOWALCZEWSKA K., 2020. *Wpływ szerokiego zakresu stężeń spieniacza na flotację łupka miedzionośnego*, praca dyplomowa, niepublikowana, WGGG PWr.
- 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), 835–845.
- KOWALCZUK P.B., DRZYMAŁA J., (red.), 2016. *Łupek miedzionośny II*, WGGG PWr, Wrocław.
- KOWALCZUK P.B., DRZYMAŁA J., (red.), 2017. *Łupek miedzionośny III*, WGGG PWr, Wrocław.
- KUBIAK B., DRZYMAŁA J., 2017. *Wpływ zawartości węgla organicznego na hydrofobowość łupka miedzionośnego*. W: *Łupek miedzionośny III*, P.B. Kowalczuk, J. Drzymała (red.), WGGG PWr, Wrocław, 64–68.
- RATAJCZAK T., DRZYMAŁA J. (red.), 2018. *Łupek miedzionośny IV*, WGGG PWr, Wrocław.
- REDLICKI M., DRZYMAŁA J., 2016. *Wpływ temperatury na flotację łupka miedzionośnego*, W: *Łupek miedzionośny II*, P.B. Kowalczuk, J. Drzymała (red.), WGGG PWr, Wrocław, 132–135.
- TUNBEL E., KATMER Y., DRZYMAŁA J., 2016. *Flotacja łupka miedziowego w obecności dodecylofenolu*, W: *Łupek miedzionośny II*, P.B. Kowalczuk, J. Drzymała (red.), WGGG PWr, Wrocław, 192–194.