

KINETYKA FLOTACJI ŁUPKA MIEDZIONOŚNEGO ZA POMOCĄ ETERU BUTYLO-TRÓJPROPYLENOGLIKOLOWEGO (C₄P₃)

Danuta SZYSZKA, Mateusz SIWIAK, Przemysław B. KOWALCZUK

Politechnika Wroclawska, danuta.szyszka@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE

W pracy zbadano wpływ stężenia eteru butylowo-trójpropylenoglikolowego (C₄P₃) na bezkolektorową flotację łupka miedzionośnego pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Wykazano, że uzysk oraz stała szybkości flotacji łupka miedzionośnego rosną wraz ze stężeniem spieniacza. Wykazano także, że w wyniku flotacji nie nastąpiła klasyfikacja ziarn łupka miedzionośnego ze względu na ich wielkość.

WPROWADZENIE

Utrudnienia związane ze wzbogacaniem oraz komplikacje w procesach metalurgicznych narastają wraz z wyczerpywaniem się złóż i sięganiem do coraz to uboższych rud. Przyczyną tych utrudnień dla KGHM Polska Miedź S.A. jest wzrost ilości łupków będących nośnikami cennych pierwiastków oraz węgla organicznego w rudzie kierowanej do procesu wzbogacania (Skorupska i in., 2011). Analizę zawartości węgla organicznego (C_{org}) w poszczególnych odmianach litologicznych rudy miedzi z LGOM przedstawiono w tabeli 1 (Kijewski i Leszczyński, 2010). Wysoka zawartość węgla organicznego w koncentratkach końcowych powoduje obniżenie skuteczności procesu hutniczego. Dlatego istnieje potrzeba znalezienia technologii umożliwiającej łatwe wzbogacanie rudy miedzi zawierającej lupek miedzionośny.

Tabela 1. Średnie zawartości węgla organicznego w litologicznych odmianach rudy miedzi (Kijewski i Leszczyński, 2010)

Seria litologiczna	Zawartość węgla organicznego, %					KGHM
	Lubin-Małowice	Polkowice	Sierszowice	Rudna	GG-P	
Wapienie dolomity	1,53	0,69	1,28	0,72	1,53	1,10
Łupki	6,06	5,74	7,08	8,17	7,13	6,75
Piaskowce	0,22	0,25	0,36	0,38	0,74	0,33

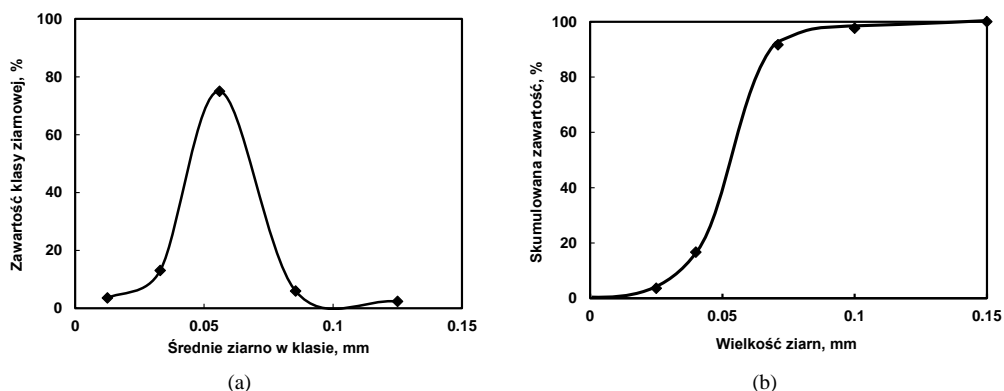
Skorupska i in. (2011) zaproponowali schematy i metody ograniczenia węgla organicznego w koncentracie kierowanym do przetopu w piecu zawieszonym lub piecu szybowym i zawieszonym. Foszcz i Drzymała (2011) wykazali, że zmniejszenie zawartości węgla organicznego można otrzymać przez dodanie do flotacji dekstryny jako odczynnika depresującego. Konieczny i in. (2013), a następnie Kowalczuk i in. (2014) wykazali, że łupki

miedzionośne można flotować jedynie w obecności spieniaczy, bez dodania kolektorów. Przebadane speniaceze z grupy alkoholi alifatycznych oraz eterów glikolowych, o stężeniach flotacyjnych nieprzekraczających 5 mmol/dm^3 , nie zamieniają wartości kątów zwilżania łupka miedzionośnego (Bednarek i Kowalczuk, 2014; Szyszka, 2014).

Celem tej pracy było zbadanie wpływu odczynnika z grupy eterów glikolowych na kinetykę oraz rozkład wielkości ziarn w procesie flotacji łupka miedzionośnego pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Badaniu poddano łupkę miedzionośną pochodzącą z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), eksploatowany przez KGHM Polska Miedź S.A. Łupkę miedzionośną został poddany kruszeniu na kruszarce szczękowej, a następnie kruszarce stożkowej o szczelinie wylotowej wynoszącej 5 mm. Ostatnim etapem było ręczne rozdrabnianie łupka przy użyciu moździerza laboratoryjnego. Otrzymany materiał poddano analizie granulometrycznej na mokro. Do analiz składu ziarnowego używano sit laboratoryjnych z oczkami o rozmiarach 0,1; 0,071; 0,04; 0,025 mm. Otrzymane klasy ziarnowe suszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze $105 \text{ }^\circ\text{C}$ przez około 24 godziny. Następnie wszystkie produkty zważono na wadze technicznej o dokładności 0,1 g (Siwiak, 2014). Na podstawie wychodów poszczególnych frakcji sporządzono krzywe składu ziarnowego w postaci histogramu (rys. 1a) oraz skumulowanej (rys. 1b). Można zaobserwować, że największą zawartość procentową klasy ziarnowej otrzymano w przedziale od $-71+40 \text{ }\mu\text{m}$.



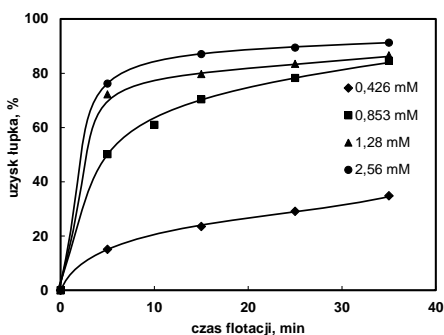
Rysunek 1.

Krzywa składu ziarnowego łupka miedzionośnego w postaci histogramu (a) i skumulowanej (b)

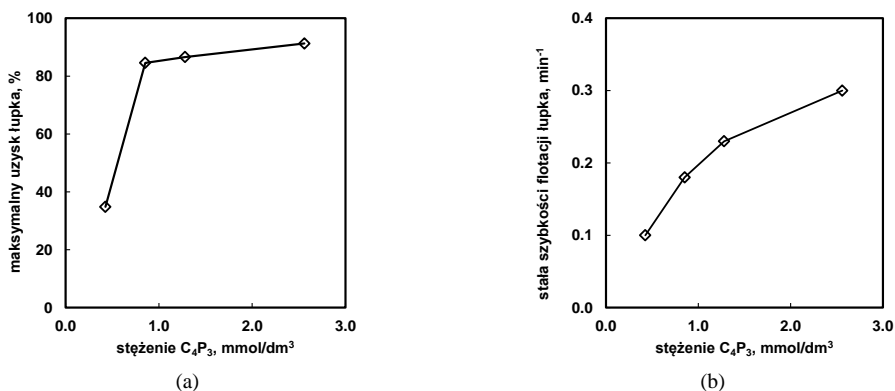
Rozdrobniony materiał poddano flotacji w laboratoryjnej maszynie typu mechanicznego Mechanobr (MM). Wszystkie eksperymenty flotacyjne przeprowadzono w celce o pojemności $0,25 \text{ dm}^3$ przy obrotach wirnika 670 obr./min i przepływie powietrza $80 \text{ dm}^3/\text{h}$. Odczynnik pianotwórczy eter propylowo-trójpropylenoglikolowy $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_3\text{H}$ (C_4P_3) (o czystości 97%) zastosowano w czterech różnych dawkach 0,426, 0,853, 1,28 i $2,56 \text{ mmol/dm}^3$. Produkty flotacji poddano analizie granulometrycznej. Otrzymane klasy ziarnowe suszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze $105 \text{ }^\circ\text{C}$ przez 24 godziny. Po wysuszeniu wszystkie produkty zważono na wadze technicznej o dokładności 0,1 g. Na podstawie otrzymanych wyników policzono bilanse flotacji łupka miedzionośnego.

WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Na rysunku 2. przedstawiono kinetykę flotacji łupka miedzionośnego w obecności badanego odczynnika flotacyjnego. Można zauważyć, że najwyższy uzysk łupka w koncentracji otrzymuje się przy największym stężeniu badanego speniacza. Dla największego stężenia ($2,56 \text{ mmol/dm}^3$) flotacja łupka zachodzi w bardzo krótkim czasie. Już po 15 minutach otrzymuje się uzysk na poziomie 90%. Najmniejszy uzysk łupka miedzionośnego (35%) otrzymano dla najmniejszej dawki speniacza ($0,426 \text{ mmol/dm}^3$). Zależność pomiędzy maksymalnym uzyskiem oraz pierwszorzędową stałą szybkości procesu flotacji łupka miedzionośnego a dawką speniacza przedstawiono na rys. 3. Rysunek 3 wskazuje, że uzysk łupka (a) oraz stała szybkości flotacji (b) rosną wraz z dawką użytego speniacza. Ponieważ kąt zwilżania łupka miedzionośnego w obecności alkoholi alifatycznych oraz eterów glikolowych, o badanych stężeniach, nie ulega zmianie (Bednarek i Kowalczyk, 2014), użyty w tej pracy odczynnik flotacyjny pełni rolę jedynie speniacza. Obecność speniacza powoduje, oprócz tworzenia stabilnej piany, również zerwanie cienkiej warstwy cieczy pomiędzy ziarnem a pęcherzykiem gazowym. Oznacza to, że zmiana stałej szybkości flotacji łupka miedzionośnego w obecności jedynie speniacza (rys. 3b) jest zależna od szybkości zerwania cienkiej warstwy cieczy.



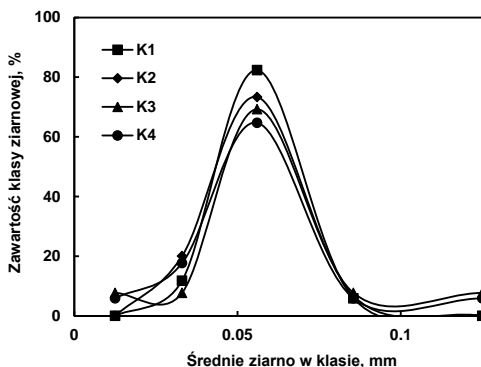
Rysunek 2. Uzysk łupka miedzionośnego w czasie dla różnych stężeń C_4P_3



Rysunek 3.

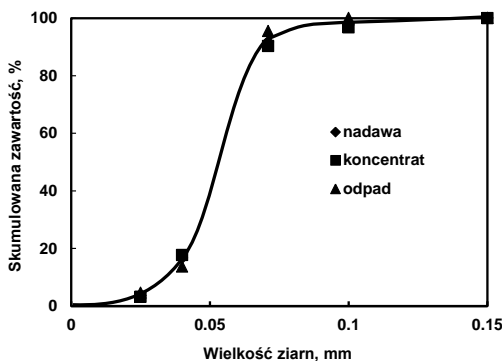
Wpływ stężenia speniacza na maksymalny uzysk (a) i stałą szybkości flotacji pierwszego rzędu (b) łupka miedzionośnego

W celu określenia rozkładu rozmiaru ziarn łupka miedzionośnego w wyniku procesu flotacji, nadawę oraz wszystkie produkty flotacji, czyli koncentraty i odpady, poddano analizie granulometrycznej. Na rysunku 4. przedstawiono krzywą składu ziarnowego łupka miedzionośnego dla poszczególnych koncentratów flotacyjnych w obecności C_4P_3 o stężeniu $1,28 \text{ mmol/dm}^3$ jako przykład. Można zauważyć, że najwyższe uzyski ziarn łupka miedzionośnego otrzymuje się dla frakcji $-71+40 \mu\text{m}$. W koncentracie 1, zebranych po 5 minutach, najszybciej flotują ziarna o rozmiarach $-71+40 \mu\text{m}$, których uzysk jest najwyższy. W kolejnych koncentratkach wzrasta uzysk frakcji poniżej 40 oraz powyżej $71 \mu\text{m}$. Z drugiej jednak strony, rysunek 5 przedstawiający rozkład ziarn w nadawie, koncentracie końcowym i odpadzie, wskazuje, że w wyniku flotacji nie następuje klasyfikacja ziarn ze względu na ich wielkość, gdyż produkty flotacji mają taką samą dystrybucję.



Rysunek 4.

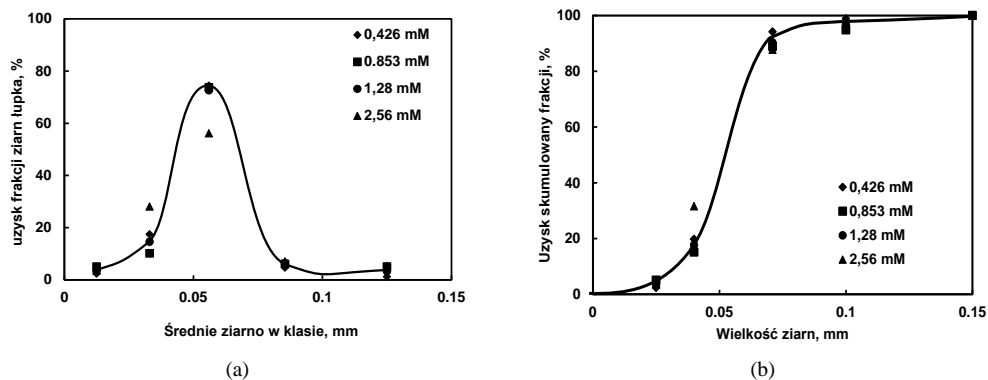
Rozkład wielkości ziarn łupka miedzionośnego w poszczególnych koncentratkach flotacyjnych (K1-K4) w obecności C_4P_3 o stężeniu $1,28 \text{ mmol/dm}^3$



Rysunek 5.

Wielkość ziarn łupka miedzionośnego w nadawie oraz produktach flotacji w obecności C_4P_3 o stężeniu $1,28 \text{ mmol/dm}^3$

Na rysunkach 6a i 6b przedstawiono rozkład wielkości ziarn łupka miedzionośnego w koncentratkach końcowych w zależności od stężenia spieniacza C_4P_3 . Można zauważyć, że dawka odczynnika nie powoduje klasyfikacji ze względu na wielkość ziarn łupka.



Rysunek 6.

Wpływ dawki badanego odczynnika na rozkład wielkości ziarn łupka miedzionośnego w koncentratkach końcowych

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy zbadano wpływ stężenia odczynnika pianotwórczego, jakim był eter butylowy-trójpropylenoglikolowy C_4P_3 , na uzysk oraz rozkład wielkości ziarn łupka miedzionośnego. Wykazano, że uzysk oraz stała szybkości procesu flotacji łupka miedzionośnego rosną wraz z dawką zastosowanego speniacza. Użycie speniacza o różnych stężeniach nie powoduje rozkładu wielkości ziarn w produktach flotacji.

PODZIĘKOWANIA

Praca była realizowana w ramach zlecenia statutowego Politechniki Wrocławskiej nr S 40 166.

LITERATURA

- Bednarek, P., Kowalczyk P.B., 2014, *Kąt zwilżania łupka miedzionośnego w obecności wybranych speniaczy*, w: *Łupek miedzionośny*, Drzymala J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 51-55.
- Foszcz, J., Drzymala, J., 2011, *Differentiation of organic carbon, copper and other metals contents by segregating flotation of final Polish industrial copper concentrates in the presence of dextrin*, *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 47, 17-26.
- Kijewski P., Leszczyński R., 2010, *Węgiel organiczny w rudach miedzi – znaczenie i problemy*. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN nr 79, s. 131-146.
- 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.
- Kowalczyk, P.B., Buluc, B., Sahbaz, O., Drzymala, 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.
- Siwiak M., 2014. *Wpływ speniaczy na bezkolektorową flotację łupka miedzionośnego*, praca dyplomowa inżynierska, opiekun D. Szyszka, Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii.
- Skorupska, B., Wieniewski, A., Kubacz, N., 2011, *Możliwości produkcji koncentratów miedziowych o zróżnicowanej zawartości składników organicznych*, *Górnictwo i Geologia* 6(2), 201-216.
- Szyszka, D., 2014, *Measurement of contact angle of copper-bearing shales using the captive bubble method*, *Mining Science*, 21, 83-94.

