

Flotacja ziarn łupka miedzionośnego i kwarcu w obecności amin

Kamil Milewski, Tomasz Ratajczak, Przemysław B. Kowalczuk

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

STRESZCZENIE

W pracy badano flotację mieszaniny ziarn łupka miedzionośnego i kwarcu w obecności butyloaminy i heksyloaminy. Na podstawie otrzymanych badań wykazano, że flotacja łupka i kwarcu zachodzi zarówno w roztworze heksyloaminy, jak i butyloaminy, ale przy różnych stężeniach, w zakresie 0,05-1,4 g/dm³. Ustalono, przy jakich klasach ziarnowych oraz w obecności jakich odczynników następuje skuteczny rozdział łupka miedzionośnego od kwarcu.

WSTĘP

Flotacja jest jedną z najważniejszych metod wzbogacania surowców mineralnych. Polega ona na selektywnym rozdzielaniu ziarn hydrofobowych od hydrofilnych za pomocą pęcherzyków gazu rozprowadzonych w środowisku wodnym. Dla zwiększenia skuteczności rozdziału ziarn mineralnych stosuje się różnego rodzaju odczynniki flotacyjne, które mogą pełnić rolę kolektora, spieniacza lub modyfikatora. W procesie flotacji kolektory mają za zadanie hydrofobizować powierzchnię minerału, spieniacze zwiększać stabilność pęcherzyków gazu, a przez to wytwarzającej się piany, w której są zawieszane hydrofobowe ziarna mineralne, natomiast modyfikatory zmieniać właściwości środowiska wodnego, w którym zachodzi flotacja (Laskowski i Łuszczkiewicz, 1989).

Celem tej pracy była ocena możliwości rozdziału łupka miedzionośnego i kwarcu w obecności amin (spieniaczy). W tym celu, wykonano flotacje modelowej mieszaniny łupka i kwarcu w roztworach butyloaminy i heksyloaminy. W wyniku przeprowadzonych badań określono efektywne klasy ziarnowe łupka i kwarcu w zależności od typu i dawki zastosowanych odczynników flotacyjnych.

Przeprowadzone w tej pracy badania modelowe rozdziału łupka od kwarcu mogą stanowić element badań zasadniczych, w których dąży się do oddzielenia z łupka miedzionośnego siarczkowych minerałów miedzi od zanieczyszczeń, przede wszystkim krzemionki.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Materiałem do badań był łupek miedzionośny pochodzący z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego z rejonu Polkowice-Sieroszowice wydobywany przez KGHM Polska Miedź S.A. W jego składzie mineralnym wyróżnia się głównie krzemionkę (około 31%), węgiel organiczny (około 9%), dolomit, glinokrzemiany oraz siarczkowe minerały miedzi (m.in. bornit, 0,4 – 1,63%) (Konopacka i Zagożdżon, 2014).

Piasek kwarcowy pochodził z Kopalni i Zakładu Przerobczego Piasków Szklarskich Osiecznica Sp. z o.o. (KiZPPS, 2015), charakteryzujący się bardzo dużą czystością chemiczną (98% SiO₂; 0,05% Fe₂O₃; 0,3% TiO₂) (Szajowska i inni, 2014).

Pod względem właściwości flotacyjnych, łupek charakteryzuje się naturalną hydrofobowością, wyrażoną kątem zwilżania θ wynoszącym około 45 stopni (Bednarek i Kowalczyk, 2014; Drzymała, 2014), natomiast kwarc może być zaliczany do substancji hydrofilnych lub słabo hydrofobowych ($\theta \cong 18^\circ$) (Drzymała, 2009; Kowalczyk, 2015).

Do przeprowadzenia flotacji przygotowano 50 g (w stosunku masowym 1:9) mieszaniny łupka miedzionośnego i piasku kwarcowego, w klasach ziarnowych <0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,5 oraz >0,5 mm. Flotacje prowadzono w laboratoryjnej maszynie flotacyjnej typu Mechanobr w obecności heksyloaminy C₆H₁₃NH₂ przy stężeniach 0,05; 0,1 i 0,2 g/dm³ oraz butyloaminy C₄H₉NH₂ przy stężeniach 0,1; 0,6; 1,0 i 1,4 g/dm³. Produkty pianowe (koncentrat) zbierano w czasie 1, 5, 10 i 17 min. Następnie produkty flotacji ważono i poddawano analizie mikroskopowej na zawartość łupka i kwarcu.

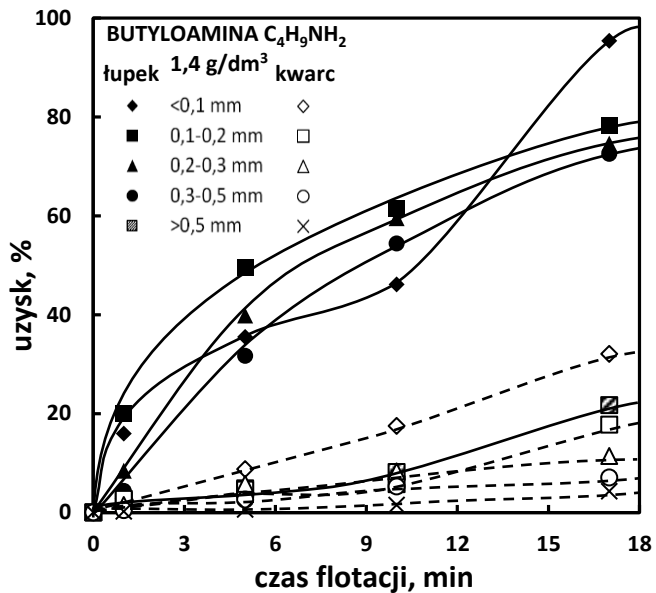
W dalszej części tej pracy przedstawiono wyniki flotacji łupka i kwarcu w poszczególnych ich klasach ziarnowych w obecności badanych amin, przy stężeniach maksymalnych, przyjętych w tej pracy. Następnie pokazano wpływ typu i dawki zastosowanych amin na flotację badanej mieszaniny.

WYNIKI I Dyskusja badań

Na rysunku 1. przedstawiono kinetykę flotacji ziarn kwarcu i łupka miedzionośnego w obecności butyloaminy przy stężeniu 1,40 g/dm³. Z rysunku wynika, im dłuższy czas flotacji tym lepsze wzbogacanie w danych klasach ziarnowych łupka miedzionośnego i kwarcu. W czasie 17 minut dla łupka o rozmiarze ziarn poniżej 0,1 mm odnotowano uzysk na poziomie 98%, natomiast dla klas ziarnowych 0,1-0,5 mm około 70-80%. Dla kwarcu skuteczność flotacji była poniżej 30%. Można więc przypuszczać, że obserwowane niewielkie uzyski kwarcu w obecności butyloaminy wynikają z wyniesienia mechanicznego opisanego przez Konopacką (2005). Zatem, istnieje możliwość rozdziału łupka i kwarcu metodą flotacji w obecności butyloaminy w zakresie klas ziarnowych poniżej 0,5 mm.

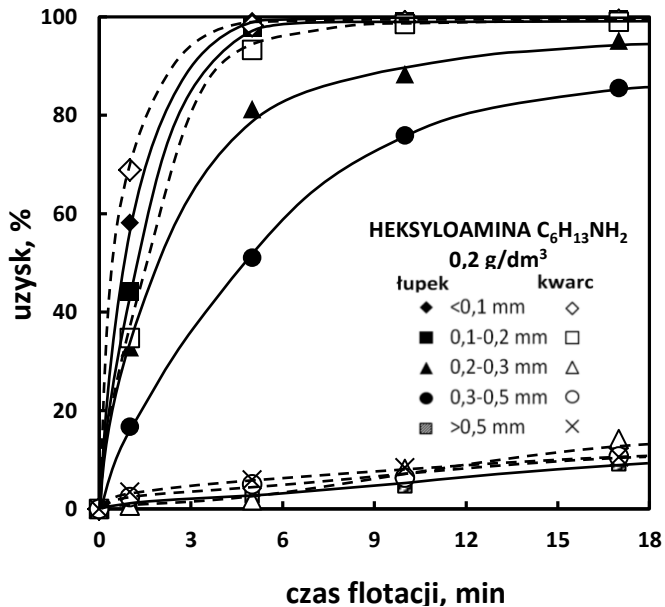
Na rysunku 2. pokazano uzysk ziarn kwarcu i łupka miedzionośnego od czasu flotacji przy stężeniu 0,20 g/dm³ heksyloaminy. Z przedstawionej zależności wynika, że im mniejszy rozmiar ziarn kwarcu i łupka tym lepsza jest ich flotacja. Najwyższy uzysk powyżej 90% występuje dla łupka miedzionośnego o rozmiarze ziarn poniżej 0,3 mm oraz dla ziarn kwarcu o wielkości poniżej 0,2 mm. Ponadto, z rysunku 1. wynika, że dla klas ziarnowych od 0,2 do 0,5 mm następuje wyraźny rozdział łupka miedzionośnego od kwarcu, gdy kwarc w zasadzie nie flotuje. Obserwowane niewielkie uzyski kwarcu, poniżej 15%, w obecności heksyloaminy mogą również świadczyć o wyniesieniu mechanicznym.

Natomiast na rysunku 3. pokazano zależność uzysku łupka i kwarcu od stężenia aminy po 17 minutach flotacji dla klasy ziarnowej <0,1 mm. Z rysunku wynika, że lepszy rozdział badanych substancji występuje dla ziarn łupka miedzionośnego i kwarcu w obecności butyloaminy. Natomiast flotacyjny rozdział w obecności heksyloaminy nie jest możliwy, w tej klasie ziarnowej, co obserwowali również Szajowska i inni (2014).



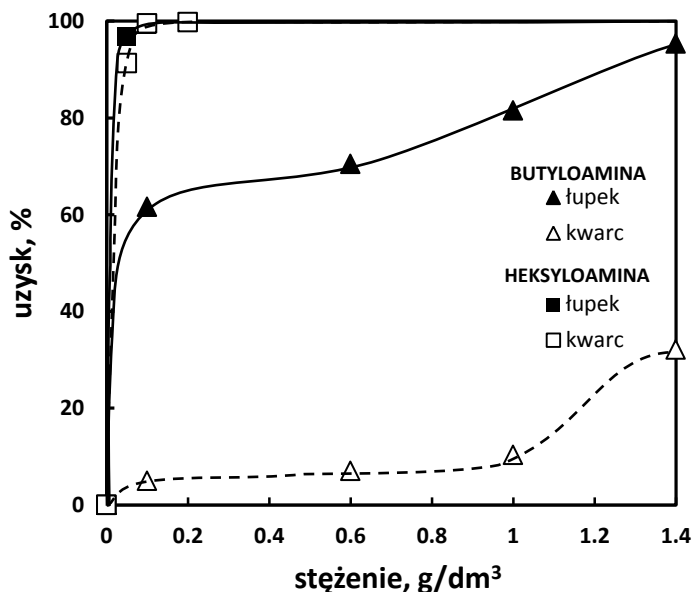
Rysunek 1.

Kinetyka flotacji kwarcu i łupka miedziowego w obecności butyloaminy przy stężeniu $1,4 \text{ g/dm}^3$



Rysunek 2.

Kinetyka flotacji kwarcu i łupka miedziowego w obecności heksyloaminy przy stężeniu $0,2 \text{ g/dm}^3$



Rysunek 3.

Flotacja łupka i kwarcu o rozmiarach ziarn poniżej 0,1 mm w obecności amin.
Czas flotacji 17 min

Porównując wyniki badań flotacji łupka miedzionośnego i kwarcu można stwierdzić, że flotacja przy zastosowaniu heksyloaminy jest lepsza i szybciej zachodzi dla ziarn łupka i kwarcu, niż przy użyciu butyloaminy. Większy uzysk ziarn kwarcu i łupka miedzionośnego w przypadku użycia heksyloaminy $C_6H_{13}NH_2$ w porównaniu do butyloaminy $C_4H_9NH_2$ (pomimo użycia większych dawek butyloaminy) jest spowodowany długością łańcucha węglowodorowego. Aminy wraz z dłuższym łańcuchem węglowodorowym są coraz słabiej i gorzej rozpuszczalne w wodzie oraz posiadają właściwości hydrofobizujące powierzchnię ziarn mineralnych, zwłaszcza kwarcu (Drzymała, 2009). Jeśli liczba węgli jest większa i łańcuch węglowodorowy w cząsteczce amin jest dłuższy to uzysk ziarn łupka miedzionośnego i kwarcu zwiększa się. Szerzej na temat wpływu długości łańcucha węglowodorowego i stężenia amin na flotację kwarcu przedstawiono w pracy Fuerstenaua i innych (1964).

WNIOSKI

W pracy analizowano wpływ amin na flotację ziarn łupka miedzionośnego i kwarcu. Wykazano, że we flotacji łupka miedzionośnego i kwarcu następuje wyraźny rozdział tych minerałów dla określonych klas ziarnowych i danym stężeniu spieniaczy. W obecności heksyloaminy o stężeniu $0,20 \text{ g/dm}^3$ skuteczny rozdział łupka i kwarcu następował w klasach ziarnowych od 0,2 do 0,5 mm, natomiast dla butyloaminy o stężeniu $1,40 \text{ g/dm}^3$ w klasach ziarnowych poniżej 0,5 mm.

Pokazano również, że możliwa jest skuteczna flotacja kwarcu (o rozmiarze ziarn poniżej 0,2 mm) w roztworze heksyloaminy przy stężeniu $0,2 \text{ g/dm}^3$, co może być związane z właściwościami hydrofobizującymi heksyloaminy w procesie flotacji. W przeciwieństwie do butyloaminy, w obecności, której kwarc nie flotował, a zaobserwowane niewielkie wartości

uzysku flotacji kwarcu mogą świadczyć o wyniesieniu mechanicznym. Wyniki te potwierdzają badania Penga i Drzymały (2014), którzy wykazali, że kwarc w obecności spieniaczy nie flotuje.

PODZIĘKOWANIA

Praca powstała w oparciu o inżynierską pracę dyplomową jednego z autorów (K. Milewski) oraz częściowo w ramach zlecenia statutowego Politechniki Wrocławskiej S 50167.

LITERATURA

- BEDNAREK P., KOWALCZYK P.B., 2014. *Kąt zwilżania łupka miedzionośnego w obecności wybranych spieniaczy*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 51-55.
- DRZYMAŁA J., 2009. *Podstawy Mineralurgii*. Wydanie II zmienione, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- DRZYMAŁA J., 2014. *Fotometryczna hydrofobowość łupka miedzionośnego*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 77-82.
- FUERSTENAU, D.W., HEALY, T.W., SOMASUNDARAN, P., 1964. *The role of the hydrocarbon chain of alkyl collectors in flotation*, Trans. AIME, 229, 321-323.
- KiZPPS SP. Z.O.O., Kopalnia i Zakład Przeróbczy Piasków Szklarskich Osiecznica Sp. z o.o., <http://www.osiecznica.com.pl/index1.htm> (dostęp 2.11.2015 r., godz. 16:48).
- KONOPACKA, Ż., 2005. *Flotacja mechaniczna*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- KONOPACKA Ż., ZAGOŹDŻON K.D., 2014. *Łupek miedzionośny Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 7-12.
- KOWALCZYK P.B., 2015. *Flotation and hydrophobicity of quartz in the presence of hexylamine*. Int. J. Miner. Process. 140, 66–71.
- LASKOWSKI J., ŁUSZCZKIEWICZ A., 1989. *Przeróbka kopalni. Wzbogacanie surowców mineralnych*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- MILEWSKI K., 2016. *Zachowanie się łupka miedzionośnego i kwarcu w maszynie flotacyjnej*. Praca dyplomowa, opiekun T. Ratajczak, WGGG PWr, Wrocław.
- PENG M., DRZYMAŁA J., 2014. *Porównanie uzysków łupka miedzionośnego flotacyjnie separowanego z mieszaniny modelowej z kwarcem w obecności spieniaczy*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 71-75.
- SZAJOWSKA J., WEJMAN K., KOWALCZYK P.B., 2014. *Flotacja pianowa ziarn łupka i kwarcu w celce Hallimonda*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 91-97.