

Porównanie flotacji łupka i chalkozynu prowadzonej w aparacie Hallimonda bez odczynników, w obecności tylko spieniaczy oraz za pomocą heksyloaminy

Jolanta Trochanowska, Jan Drzymala

Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, jan.drzymala@pwr.edu.pl

Streszczenie

W pracy badano właściwości flotacyjne chalkozynu w wodzie destylowanej, w wodnych roztworach tylko spieniaczy oraz w obecności heksyloaminy. Otrzymane wyniki porównano z analogicznymi danymi dla łupka miedzionośnego pochodzącymi z literatury. Może to być przydatne do analizy procesu przemysłowego nazywanego preflotacją, w którym rudę miedzi zawierającą siarczki miedzi, w tym chalkozyn, flotuje się spieniaczami dla wydzielenia z niej koncentratu węgla organicznego. Stwierdzono, że w każdym przypadku lupek flotuje lepiej niż chalkozyn. Powodem tego jest mniejsza gęstość oraz większa hydrofobowość łupka.

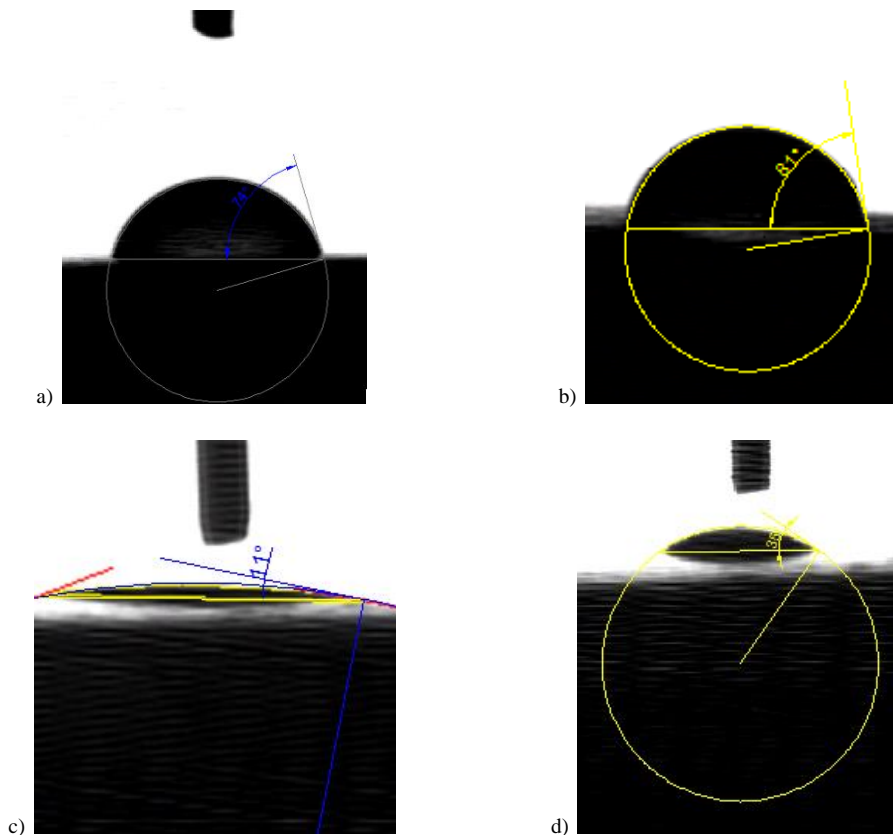
Wprowadzenie

Motywy przeprowadzenia badań flotacji chalkozynu, zwłaszcza w obecności spieniaczy, była chęć uczestnictwa w przezwyciężeniu trudności w selektywnym rozdziale łupka miedzionośnego oraz minerałów miedziowych podczas flotacyjnego wzbogacania polskich rud miedzi tylko spieniaczami. Proces ten nazywa się pre-flotacją. Problem polega na zbyt dużej zawartości węgla organicznego w końcowych koncentratkach miedziowych (Konieczny i inni, 2013). Podwyższona zawartość węgla organicznego w koncentratkach końcowych powoduje perturbacje w procesie wytopu miedzi w piecach zawieszinowych (Skorupska i inni, 2011). Badania wskazują, że w procesie pre-flotacji obok łupków częściowo flotują siarczki miedzi. Zachodzi zatem konieczność sprawdzenia zachowania się chalkozynu, jako nośnika miedzi, podczas preflotacji, czyli zbadania jego bezkolektorowej flotacji w obecności tylko spieniaczy.

Materiały i metodyka badań

Do przeprowadzenia badań użyto chalkozynu z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Mineral ten początkowo skruszono za pomocą młotka. Kolejnym krokiem było rozdrobnienie go w laboratoryjnym młynku ceramicznym. Wstępnie skruszoną próbkę przesiano za pomocą odpowiednich sit, aby uzyskać frakcje ziarnowe. Dla zapobieżenia utlenianiu się chalkozynu, próbki były świeżo przygotowywane przed każdym pomiarem. Mierzono hydrofobowość badanego chalkozynu na polerowanych powierzchniach oraz jego flotację dla ziarn o różnych rozmiarach. Pomiar kąta zwilżania przeprowadzono przy użyciu goniometru korzystając z kamery CCD (model Phoenix-300) zespolonej z komputerem. Kąt zwilżania określano za pomocą programu AutoCAD. Wartość najmniejszego cofającego kąta zwilżania w wodzie destylowanej wyniosła 10° , a w obecności heksyloaminy 19° . Kąt spoczynkowy chalkozynu wyniósł 74° w wodzie i 81° dla wodnego roztworu heksyloaminy (rys. 1). Tak duża różnica kątów cofającego i postępującego wskazuje niski stopień

wypolerowania powierzchni chalkozynu. Istnienie niewielkiego cofającego kąta zwilżania chalkozynu wskazuje na słabe właściwości flotacyjne. Potwierdzają to informacje literaturowe mówiące, że siarczek miedzi(I) jest flotometrycznie materiałem hydrofilnym (Drzymała, 2001). Potwierdza to też brak przyczepności ziarn chalkozynu do pęcherzyka zarówno w wodzie destylowanej jak i w wodnym roztworze heksyloaminy (rys. 2).



Rys. 1. Kąty zwilżania chalkozynu. a) kąt spoczynkowy dla wody destylowanej, b) kąt spoczynkowy dla roztworu wodnego heksyloaminy, c) kąt cofający dla wody destylowanej, d) kąt cofający dla roztworu wodnego heksyloaminy

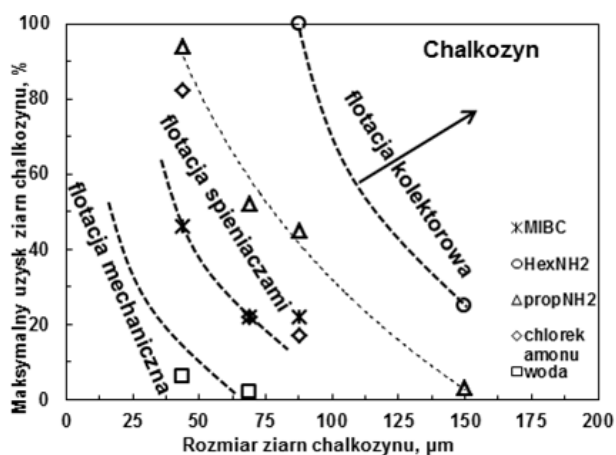


Rys. 2. Brak przyczepności ziarn chalkozynu do pęcherzyka powietrza w wody destylowanej

Dla przeprowadzenia flotacji do zlewki dodano 3 gramy wybranej frakcji (200–100, 100–75, 75–63 i 63 > μm) chalkozynu, po czym dodawano wodę destylowaną albo roztwór wodny badanego spieniacza, czyli MIBC, heksyloaminy, propyloaminy lub chlorku amonu. W przypadku MIBC stosowano roztwór o stężeniu o 1 g/dm³. Do flotacji z użyciem heksyloaminy użyto roztworu o stężeniu 0,1 g/dm³. Natomiast podczas pomiarów z udziałem propyloaminy i chlorku amonu zastosowano rozcieńczone roztwory tych spieniaczy wychodząc z roztworu o stężeniu 1 g/dm³. Następną podłączano flotownik do urządzenia AirTech 2KOX, umożliwiającego stały przepływ powietrza przez celkę Hallimonda, a był to jednopęcherzykowy flotownik Hallimonda o pojemność 200 cm³ i wysokości 36 cm. Podczas flotacji przepływ powietrza wynosił $6,15 \cdot 10^{-7}$ m³/s. Po ustawieniu mikroflotownika w pozycji pionowej rozpoczynano pomiary. Wychód flotacji odczytywano co 5 minut. Każde badanie trwało do 30 minut.

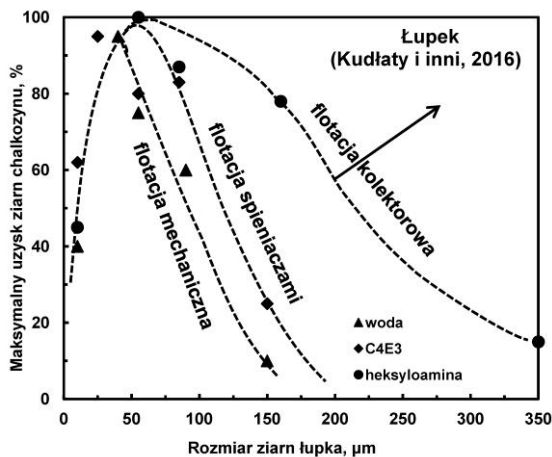
Wyniki i ich dyskusja

W wyniku przeprowadzonych testów flotacyjnych sporządzono krzywe kinetyczne flotacji (Trochanowska, 2016), czyli zależność wychodu chalkozynu od czasu flotacji, a na ich podstawie zależności wychodu maksymalnego od rozmiaru ziarn stosowanych we flotacji. Tak zebrane wyniki przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Maksymalne uzyski chalkozynu od rozmiaru flotowanych ziarn we flotacji w wydłużonym (36 cm) jednopęcherzykowym flotowniku Hallimonda

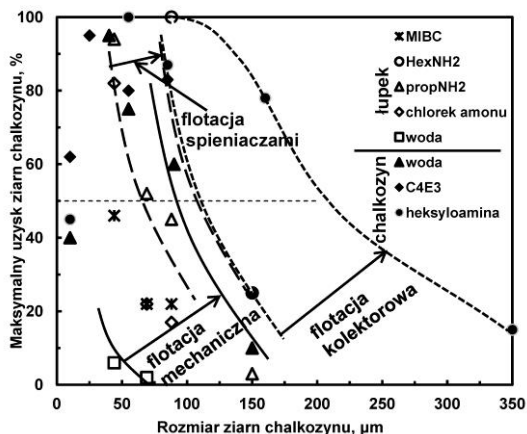
Z rysunku 3. wynika, że chalkozyn nie ulega flotacji w czystej wodzie, a obserwowane niewielkie jego wychody to wynik wyniesienia mechanicznego ziarn. Obecność w roztworze wodnym spieniacza w postaci propyloaminy bądź chlorku amonu powoduje wzrost wychodów, ale nie jest jasne czy jest to wynik zwiększonego wyniesienia mechanicznego, czy są to oznaki flotacji. Znaczny wzrost wychodów w obecności wodnego roztworu heksyloaminy jest już wynikiem flotacji. Dla porównania flotacyjnego zachowania się chalkozynu z łupkiem miedzionośnym, podobny wykres sporządzono dla łupka (rys. 4). Dane do tego wykresu zaczerpnięto z prac Kudłatego i innych (2016).



Rys. 4. Maksymalny uzysk łupka we flotacji w wydłużonym (36 cm) jednopęcherzykowym flotowniku Hallimonda od rozmiaru flotowanych ziarn. Dane z pracy Kudłatego i inni (2016). Symbol C4E3 oznacza eter butylowy glikolu trójetylenowego

Z rysunku 4. widać, że zachowanie się łupka miedzionośnego w testach flotacyjnych w tym samym flotowniku Hallimonda jest bardzo podobne. Jednakże obserwuje się istotne przesunięcie linii wyniesienia mechanicznego, linii flotacji ze spieniaczem oraz linii flotacji w obecności heksyloaminy w kierunkach większych rozmiarów ziarn dla łupka w stosunku do chalkozynu.

Dla lepszej oceny testów flotacyjnych dla obu substancji rysunki obrazujące ich flotację nałożono na siebie i umieszczono na rys. 5.



Rys. 5. Porównanie flotacji łupka miedzionośnego oraz chalkozynu. Rysunek przedstawia przesunięcie się zakresu wielkości odzyskiwanych ziarn dla łupka miedzionośnego w stosunku do chalkozynu

Obserwowane przesunięcie się zakresu wielkości odzyskiwanych ziarn dla łupka miedzionośnego w stosunku do chalkozynu powodowane są zarówno mniejszą gęstością łupka (2,38–2,66 g/cm³, Cependa i inni, 2014) niż chalkozynu (5,5–5,8, Manecki, 2004), jak

i większą hydrofobowością naturalną łupka (kąąt cofający łupka 24°, Bednarek i Kowalczyk, 2014), niż określony w tej pracy kąąt cofający dla chalkozynu wynoszący 11°.

Otrzymane wyniki badań sugerują, że podczas pre-flotacji łupka z rudy miedzi zawierającej zarówno łupek jak i chalkozyn, flotacja chalkozynu w obecności tylko spieniacza nie powinna być znacząca. Zatem chalkozyn nie powinien wpływać negatywnie na jakość koncentratów pre-flotacyjnych od warunkiem uwolnienia jego ziarn z matrycy łupkowej. Podobne wnioski otrzymano w innej pracy (Drzymała i inni, 2016).

Podziękowania

Autorzy dziękują Politechnice Wrocławskiej za finansowe wsparcie w postaci projektu Praca Statutowa 0401/0124/16.

Literatura

- BEDNAREK P., KOWALCZYK P.B., 2014, *Kąąt zwilżania łupka miedzionośnego w obecności wybranych spieniaczy*, w: *Łupek miedzionośny*, Drzymała, J., Kowalczyk, P.B., (red), WGGG PWr, Wrocław.
- CEPENDA K., DRZYMAŁA J., LEWICKA M. P., 2014, *Gęstość łupka miedzioowego*. W: *Łupek miedzionośny*, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 19-21, <http://dx.doi.org/10.5277/lupek1403>.
- DRZYMAŁA J., 2001, *Podstawy mineralurgii*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- DRZYMAŁA J., SWEBODZINSKA A., DUCHNOWSKA M., BAKALARZ A., LUSZCZKIEWICZ A., KOWALCZYK P.B., 2016, *Preliminary study on collectorless flotation of chalcocite, bornite and copper-bearing shale in the presence of selected frothers*. E3S Web Conf., 8 (2016) 01031, doi: 10.1051/e3sconf/20160801031.
- KONIECZNY A., PAWŁOS 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.
- KUDŁATY, T., GETNER, B., KOWALCZYK, P.B., 2016, *Flotometria łupka miedzionośnego we flotacji pianowej w celce Hallimonda*, W: *Łupek miedzionośny II*, Kowalczyk P.B., Drzymała J., (red.), WGGG PWr, Wrocław, 148-155, <http://dx.doi.org/10.5277/lupek1622>.
- MANECKI A., *Encyklopedia minerałów*, 2004, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, AGH, Kraków.
- SKORUPSKA B., WIENIEWSKI A., KUBACZ N., 2011, *Możliwości produkcji koncentratów miedzioowych o zróżnicowanej zawartości składników organicznych*, *Górnictwo i Geologia*, tom 6, zeszyt 2, 201-216.
- TROCHANOWSKA J., 2016, *Flotacja chalkozynu w obecności spieniaczy*, Praca dyplomowa magisterska, opiekun J. Drzymała, Wydział Geoinżynierii Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.