

Flotacja łupka miedzionośnego w obecności elektrolitów podwyższających i obniżających napięcie powierzchniowe wody

Agnieszka Skowrońska, Jan Drzymała

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

STRESZCZENIE

W pracy opisano flotację łupka miedzionośnego prowadzoną w wodnych roztworach elektrolitów pełniących rolę speniaczy. Stosowane elektrolity zmieniały napięcie powierzchniowe roztworów wodnych, przy czym NaCl je podwyższał, HCl nie zmieniał, a CH₃COOH je obniżał. Jednakże flotacja łupka z tymi elektrolitami zachodziła podobnie z dużym, powyżej 90%, wychodem maksymalnym. Sugeruje to, że napięcie powierzchniowe w badanych zakresach stężeń elektrolitów nie wpływa na flotację łupka..

WPROWADZENIE

Flotacja to metoda wzbogacania służąca do rozdzielania ziarn mineralnych, które różnią się hydrofobowością, czyli zdolnością do niepełnego powierzchniowego zwilżania wodą w obecności gazu (Drzymała, 2009). Flotacja polega na łączeniu się ziarna mineralnego z pęcherzykiem powietrza w rezultacie czego otrzymujemy agregat ziarno-pęcherzyk gazowy. Agregaty ziarno-pęcherzyk powietrza mające gęstość mniejszą od roztworu wodnego, w którym prowadzona jest flotacja, wynoszone są ku górze co nazywane jest flotacją. Ziarna hydrofilne nie łączą się z pęcherzykiem gazowym, w wyniku czego opadają na dno zbiornika wodnego (Laskowski, 1989). O hydrofobowości ciała decyduje szereg czynników, w tym napięcie powierzchniowe wody. Zwykle znaczne obniżenie napięcia powierzchniowego roztworu wodnego powoduje pogorszenie flotacji, co znana jest jako gamma-flotacja (Drzymała, 2009). Z kolei nieznaczne obniżanie napięcia powierzchniowego roztworu wodnego speniaczami zwykle polepsza flotację (Kowalczuk i inni, 2015) z wyjątkiem bardzo hydrofobowych jak PTFE, którego kąt zwilżania jest wyższy od 90° (Zawała et al., 2016). Dlatego celem tej pracy było sprawdzenie, jaki wpływ na flotację łupka miedzionośnego mają elektrolity, które mogą zarówno podwyższać jak i obniżyć napięcie powierzchniowe wody (Ratajczak i Drzymała, 2003), gdyż zmiana napięcia powierzchniowego zależy od rodzaju substancji rozpuszczonej oraz jego stężenia w roztworze (Pigoń i Róziwicz, 1980).

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Etapem początkowym badań laboratoryjnych było skruszenie łupka miedzionośnego dostarczonego przez KGHM z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziożnego. Łupek miedzionośny pochodzący z LGOM-u został szczegółowo scharakteryzowany jako tzw. łupek smolący (Konopacka, Zagożdżon, 2014). W celu otrzymania łupka w postaci rozdrobnionej rudę kilkakrotnie kruszono w dezintegratorze, a następnie przesiewano na ręcznych sitach o wielkości oczek równych 0,1 mm, aby uzyskać frakcję wymaganą do procesu flotacyjnego tj.

< 0,1 mm. Na każde badanie zużyto 36 g łupka miedzionośnego, a do wszystkich wykonanych flotacji zużyto ok. 360 g rudy.

Badania przeprowadzono przy użyciu maszyny flotacyjnej Mechanobr wyposażonej w celkę flotacyjną o pojemności 300 cm³. Przeprowadzono łącznie 10 eksperymentów: po 3 testy dla każdego elektrolitu przy różnym ich stężeniu. Dziesiątą flotacją było powtórzone badanie dla roztworu soli kuchennej o stężeniu 1 mol/dm³. Flotacje prowadziło 30 minut zbierając kolejno koncentrat i 4 produkty pośrednie po czasie 30 s, 2 min, 5 min, 10 min oraz 30 minutach flotacji. Pozostałość po flotacji stanowiła odpad. Przed suszeniem produktów, ze względu na duże stężenia roztworów, każdy produkt odwadniano i przemywano za pomocą lejka Büchnera. W czasie flotacji utrzymywano stałą objętość roztworu flotacyjnego oraz stałe stężenie użytych elektrolitów.

Do badań użyto trzech substancji, którymi były sól kuchenna NaCl, kwas octowy CH₃COOH oraz kwas solny HCl. Substancje, odpowiednio zwiększają, zmniejszają i nie zmieniają napięcia powierzchniowego wody, co przedstawia tabela 1. Ze względu na to, że łupki miedzionośny nie flota w samej wodzie (Drzymała, 2014), użyte elektrolity spełniały funkcję spieniacza.

Tabela 1.
Zmiana napięcia powierzchniowego od stężenia wybranych substancji
w temperaturze 21 °C. Napięcie powierzchniowe czystej wody wynosi 72,8 mN/m.
Źródło danych: Praca zbiorowa (1974)

Sól kuchenna NaCl						
Stężenie molowe	M	mol/dm ³	0,5	1	1,5	2
Napięcie powierzchniowe	σ	mN/m	73,57	74,39	74,53	74,67
Kwas solny HCl						
Stężenie molowe	M	mol/dm ³	1	1,5	2	4
Napięcie powierzchniowe	σ	mN/m	72,47	72,37	72,27	71,9
Kwas octowy CH ₃ COOH (80%)						
Stężenie procentowe	%	%	1	5	10	
Napięcie powierzchniowe	σ	mN/m	67,98	60,11	54,56	

Flotacje w roztworach soli kuchennej wykonano przy stężeniach 0,5, 1 oraz 1,5 mol/dm³. Obliczono, że do uzyskania takich roztworów o objętości 1,2 dm³ dla roztworu 0,5 mol/dm³, należy dodać 35,4 g soli, dla roztworu 1 molowego o objętości równej 1,3 dm³ należy dodać 76,7 g NaCl, natomiast dla sporządzenia roztworu 1,5 molowego rozpuszczono 141,6 g soli kuchennej w objętości 1,6 dm³ wody. Łącznie zużyto 330,4 g soli, ponieważ jedną z flotacji soli powtórzono.

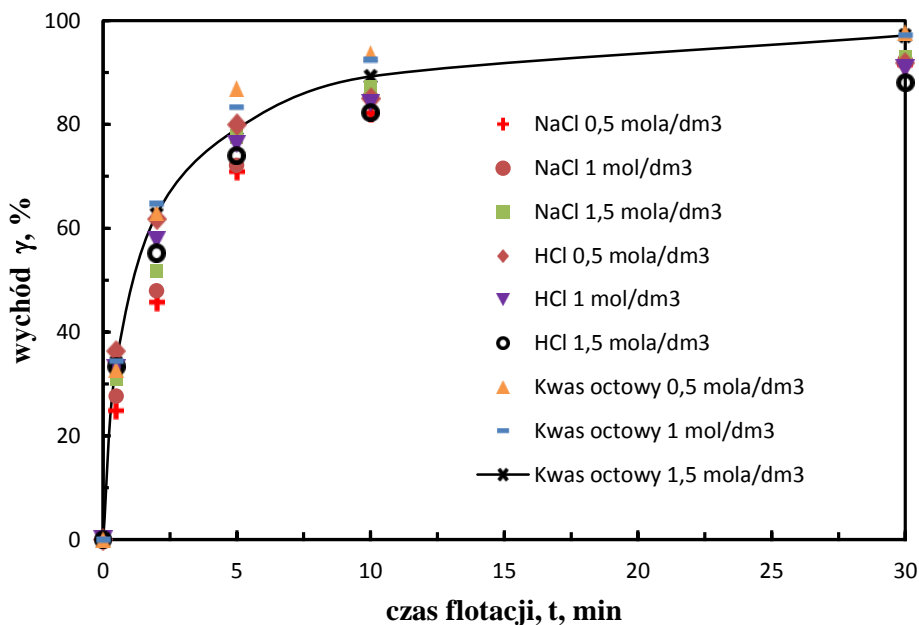
Flotacje w roztworach kwasu solnego 37% również wykonano przy stężeniach 0,5, 1 oraz 1,5 mol/dm³. Stężenie kwasu solnego wynosiło 37 %, więc do każdego roztworu zużyto kolejno 42,6, 85,3 oraz 127,9 cm³ na 1 dm³ wody. Łącznie zużyto ok. 255,8 cm³ kwasu solnego 37%.

Flotacje w roztworach kwasu octowego, który był 80%, zostały przeprowadzone przy takich samych stężeniach, jak w przypadku poprzednich substancji. Dla sporządzenia roztworu o stężeniu 0,5 mola/dm³ potrzebowano 78,6 cm³ (2 dm³ roztworu). Roztwór 1 molowy uzyskano w wyniku połączenia 1,5 dm³ wody oraz 118,1 cm³ kwasu, a 1,5 molowy w wyniku połączenia 1,2 dm³ wody i 141,6 cm³ kwasu octowego. Łącznie zużyto 338,3 g kwasu octowego 80%.

WYNIKI I DYSKUSJA BADAŃ

Na podstawie otrzymanych wyników badań, sporządzono krzywe przedstawiające zmianę wychodu łupka od czasu flotacji, czyli w postaci krzywych kinetyki flotacji. Kinetyki flotacji dla roztworów wodnych NaCl, HCl oraz CH₃COOH przedstawiono na rys. 1.

Z rysunku 1 wynika, że wszystkie flotacje są podobne. Oznacza to, że rodzaj zmiany napięcia powierzchniowego wody powodowanej użytymi w tej pracy elektrolitami, to jest NaCl, HCl i CH₃COOH nie wpływa na flotację badanego łupka miedzionośnego. Ponadto w czasie flotacji odnotowano następujące dwa zjawiska. We flotacji z HCl i CH₃COOH zachodziła gwałtowna reakcja pomiędzy roztworem kwasu, a łupkiem miedzionośnym. Wytwarzała się również wysoka piana, utrzymująca się przez cały okres trwania flotacji w przypadku NaCl oraz CH₃COOH, natomiast w roztworze wodnym HCl, pomimo uzupełniania roztworu o stężeniu równym początkowemu dla danego badania, duża ilość piany flotacyjnej w ostatnich 10 minutach zmniejszała się.



Rysunek 1.

Kinetyki flotacji łupka miedzionośnego w obecności elektrolitów zmieniających napięcie powierzchniowe wody: NaCl (zwiększa), HCl (nie zmienia), kwas octowy (zmniejsza) (Skowrońska, 2015)

WNIOSKI

W pracy badano wpływ napięcia powierzchniowego roztworu wodnego elektrolitów na kinetykę flotacji łupka miedzionośnego. Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowane elektrolity, mimo że NaCl powodował podwyższenie napięcia powierzchniowego, HCl nie zmieniał, a CH₃COOH je obniżał, to flotacji łupka w badanych zakresach stężeń elektrolitów była praktycznie taka sama.

PODZIĘKOWANIA

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

LITERATURA

- DRZYMAŁA J., 2014. *Flotometryczna hydrofobowość łupka miedzionośnego*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 77-82.
- DRZYMAŁA J., 2009. *Podstawy metalurgii*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław, 2009.
- RATAJCZAK T., DRZYMAŁA J., 2003. *Flotacja solna*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2003.
- KONOPACKA Ż., ZAGOŹDŻON K.D., 2014. *Łupek miedzionośny Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 7-12.
- KOWALCZYK P.B., MROZKO D., DRZYMAŁA J., 2015. *Influence of frother type and dose on collectorless flotation of copper-bearing shale in a flotation column*. Physicochem. Probl. Miner. Process. 51(2), 547–558.
- KOWALCZYK P.B., ZAWAŁA J., KOSIOR D., DRZYMAŁA J., MALYSA K., 2016. *The relationship between time of three-phase contact formation and flotation performance of polytetrafluoroethylene in the presence of frothers*. Ind. Eng. Chem. Res. doi: 10.1021/acs.iecr.5b04293.
- LASKOWSKI J., ŁUSZCZKIEWICZ A., 1989. *Przeróbka Kopaliny*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1989.
- PIGOŃ K., RÓZIEWICZ Z., 1980. *Chemia fizyczna*, Warszawa, 1980.
- PORADNIK FIZYKOCHEMICZNY, 1974. Praca zbiorowa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- SKOWROŃSKA A., 2015. *Flotacja łupka miedzionośnego w obecności elektrolitów podwyższających i obniżających napięcie powierzchniowe wody*. Praca dyplomowa inżynierska, opiekun J. Drzymała, Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii.