

Wpływ temperatury na flotację łupka miedzionośnego

Michał Redlicki, Jan Drzymała

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

STRESZCZENIE

Badano wpływ temperatury na flotację łupka miedzionośnego, pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, przy użyciu następujących spieniaczy: α -terpineolu, metyloizobutylokarbinolu (MIBC) oraz soli kuchennej. Temperatury, w których zostało przeprowadzone badanie to 20, 40 oraz 60 °C. Na podstawie wykonanych badań i wyników z nich otrzymanych stwierdzono, że zmiana temperatury na wyższą od pokojowej korzystnie, ale w bardzo niewielkim stopniu, wpływa na kinetykę flotacji łupka. Oszacowana energia aktywacji dla flotacji łupka w obecności MIBC wynosi 2,96 kT.

WPROWADZENIE

Flotacja jest to jedną z licznych metod rozdziału ziarn. Istota flotacji polega na wykorzystaniu różnic fizykochemicznych właściwości powierzchni ziarn mineralnych, na które możemy wpływać dodając różne odczynniki (Spalińska i inni, 2007). Ziarna które charakteryzują się hydrofobowością, czyli ich kąt zwilżania jest większy od 0, łączą się z pęcherzykiem gazowym i zostają wyciągnięte na powierzchnię, natomiast ziarna hydrofilne, ich kąt zwilżania jest równy 0, pozostaną na dnie komory flotacyjnej jako odpad (Drzymała, 2009). Łupek, który był poddany badaniom, jest naturalnie hydrofobowy, ale nie flotuje w samej wodzie bez obecności zbieracza czy spieniacza (Drzymała, 2014). Do przeprowadzenia flotacji użyto alkoholi w postaci α -terpineolu i metyloizobutylokarbinolu (MIBC) oraz chlorek sodu.

Materiałem, który był wykorzystany do badań, był łupek miedzionośny pochodzący ze złóż Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Łupki, które występują w tych złożach, można podzielić na łupki ciemnoszare lub łupki ilasto-bitumiczne, zwane inaczej łupkami smolącymi, łupki dolomityczne oraz łupki margliste. Największą procentową zawartość pierwiastka miedzi odnotowuje się w łupkach smolących i dochodzi ona niekiedy nawet do 10% (Kijewski i Leszczyński, 2010).

Badania wykonano w trzech seriach pomiarowych z zastosowaniem trzech różnych spieniaczy w trzech zakresach temperatur. Temperatura wyższa od 20 °C była uzyskiwana przez podgrzanie wody wykorzystywanej do flotacji.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Flotacje zostały przeprowadzone w maszynie laboratoryjnej typu Mechanobr w celu o pojemności 250 cm³. Do każdego badania odważono 30 gramów łupka miedzionośnego o rozmiarze ziarn poniżej 0,1mm. Nadawę otrzymano przez skruszenie rudy na sucho w dezintegratorze, a następnie przesiewanie jej przez sito 0,1mm. Nadawa oraz woda destylowana była podgrzewana na płycie elektrycznej mieszadła magnetycznego do pożądanej temperatury. Łączny czas prowadzenia pojedynczej flotacji wynosił 30 minut, a produkty były

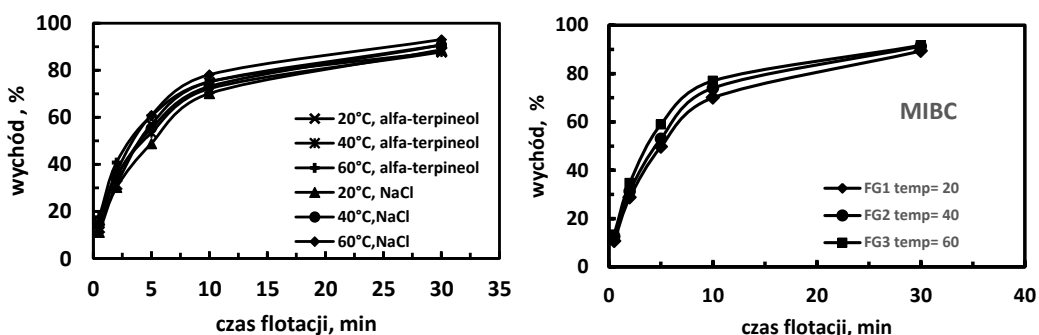
odbierane kolejno w 30 sekundzie, a następnie w 2, 5, 10 oraz 30 minucie. Pozostałość w celce flotacyjnej traktowana była jako odpad. Do badań stosowano roztwory wodne: 1 molowy NaCl, 0,01% metyloizobutylokarbinolu (MIBC) (dawka we flotacji wynosiła 150 g/Mg) oraz 0,1% alfa-terpineolu (dawka we flotacji wynosiła 150 g/Mg). Podczas trwania flotacji stale mierzona była temperatura za pomocą termometru cyfrowego. W każdym badaniu starannie dążono do utrzymania zadanej temperatury. Aby utrzymać zadaną temperaturę uzupełniano braki wody powstałe w wyniku zbierania piany, podgrzewaną wodą. Odczyty temperatury były zapisywane tuż przed rozpoczęciem flotacji jak i po każdej 5 minucie badania. Po zakończeniu flotacji produkty były przenoszone do suszarki, w której znajdowały się przez 24 h w temperaturze 105 °C. W przypadku flotacji z użyciem soli kuchennej, aby uniknąć obecności NaCl w wysuszonym produkcie, przed włożeniem produktów do suszarki wykonane zostało przemywanie i sączenie pod obniżonym ciśnieniem za pomocą lejka Büchnera.

W przeprowadzonych badaniach pojawił się problem nagłego spadku temperatury, kiedy celka z wodą była instalowana w maszynie, był on spowodowany przez materiał (metal) z którego wykonany jest wirnik maszyny flotacyjnej. Aby poradzić sobie z tym problemem przed przystąpieniem do badania ogrzewano wirnik przez około 5 minut poprzez włożenie go do naczynia z odpowiednią, to jest około 15 °C wyższą niż przyjętą w badaniach, temperaturą.

WYNIKI I DISKUSJA BADAŃ

Wyniki badań przedstawiono na rys.1 w postaci krzywych kinetyki flotacji, czyli zależności uzysku łupka od czasu jego flotacji dla różnych spieniaczy przy różnych temperaturach (rys.1). Dla każdej z przeprowadzonych flotacji wychody łupka miedzionośnego były podobne ale nie identyczne. Przy wyższych temperaturach wychód łupka otrzymany dla pierwszych trzech produktach był wyższy niż w przypadku temperatury pokojowej. Jest to analogiczne do reakcji chemicznych, które przebiegają szybciej przy wyższych temperaturach (Barycka i Skudlarski, 2013). Jednak końcowe wyniki flotacji były do siebie zbliżone.

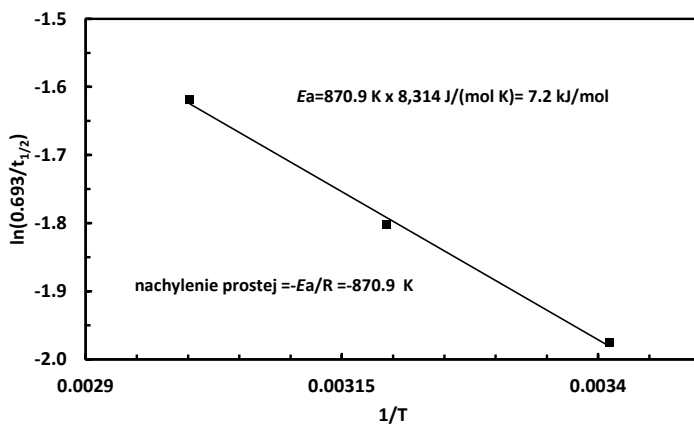
Niewielki lub brak wpływu temperatury na proces flotacji w wyniku stałości tak zwanego czasu indukcji między powierzchnią ciała stałego a pęcherzykiem gazowym obserwuje się w niektórych układach flotacyjnych, na przykład kwarc/roztwór wodny dodecyloaminy, zwłaszcza przy wyższych jej stężeniach (Laskowski, 1974).



Rysunek 1.

Kinetyka flotacji badanego łupka miedzionośnego w obecności różnych spieniaczy i przy różnej temperaturze. a) NaCl i alfa-terpineol, b) MIBC (symbol FG oznacza numer flotacji)

W chemii, zależność postępu reakcji od temperatury procesu wykorzystuje się do wyznaczania tak zwanej energii aktywacji E_a , która jest miarą wielkości bariery energetycznej procesu. Ponieważ wychodu flotacji od temperatury jest podobną zależnością, podjęto próbę oszacowania E_a dla flotacji badanego łupka. W tym celu z rysunku 1. odczytano czas ($t_{1/2}$) niezbędny do wyflotowania 50% łupka w obecności MIBC i otrzymano liczby: 5,0 minut przy temperaturze 20 °C, 4,2 minuty przy 40 °C oraz 3,5 minuty przy 60 °C. Zakładając, że kinetyka flotacji jest 1 rzędu, stała szybkości procesu k_f wynosi $k_f = 0,693/t_{1/2}$, a nachylenie zależności $\ln k_f$ od $1/T$, gdzie T jest temperaturą w kelwinach, daje energię aktywacji procesu (Barycka i Skudlarski, 2013). Zgodnie rysunkiem 2. E_a wynosi 7,2 kJ/mol lub w jednostkach kT dla 293,15 kelwinów, gdzie k oznacza stałą Boltzmana, wynosi 2,96. Tak niska wartość energii aktywacji wskazuje, że bariera energetyczna (Friberg, 1991) flotacji łupka w obecności MIBC jest niewielka. Stąd flotacja jest wydajna, a wzrost temperatury nie może już znacznie zwiększyć szybkości procesu.



Rysunek 2.

Wykres Arrheniusa dla flotacji łupka w obecności MIBC. R oznacza stałą gazową

WNIOSKI

Wysoka temperatura korzystnie, ale w bardzo małym stopniu wpływa na kinetykę flotacji łupka w obecności takich spieniaczy jak alkohole (α -terpineol i MIBC) oraz sole (NaCl). Oszacowana energia aktywacji dla flotacji łupka w obecności MIBC wynosi 2,96 kT .

PODZIĘKOWANIA

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

LITERATURA

- BARYCKA I., SKUDLARSKI K., 2013. *Podstawy chemii*. Oficyna Wydawnicza PWr. Wrocław
- 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 mineralurgii*. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki.
- FRIBERG S.E., 1991. *Emulsion Stability*. In: Emulsions – a fundamental and practical approach, J. Sjöblom (ed.), NATO Series (C), Vol. 363, Kluwer Academic Pub., Dordrecht, 1–24.

- KIJEWSKI P., LESZCZYŃSKI R., 2010. *Węgiel organiczny w rudach miedzi – znaczenie i problemy*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, nr 79, 131-146.
- LASKOWSKI J., 1974. *Particle-bubble attachment in flotation*. Minerals Science and Engineering, 6(4), 223-235
- REDLICKI M., 2015. *Wpływ temperatury na flotację łupka miedzionośnego*. Praca dyplomowa inżynierska, opiekun J. Drzymała, Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii.
- SPALIŃSKA B., STEC R., SZTABA K., 2007. *Miejsce i rola przeróbki rudy w kompleksie technologicznym KGHM Polska Miedź S.A.* W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A., Praca zbiorowa pod redakcją A. Piestrzyńskiego, KGHM Cuprum Sp. z o.o. CBR, Lubin, 463–472.