

KĄT ZWILŻANIA ŁUPKA MIEDZIONOŚNEGO W OBECNOŚCI WYBRANYCH SPIENIACZY

Patrycja BEDNAREK, Przemysław B. KOWALCZUK

Politechnika Wrocławska, przemyslaw.kowalczuk@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE

W pracy określono wpływ różnych reagentów chemicznych na kąt zwilżania łupka miedzionośnego pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (O/ZG Rudna), eksploatowanego przez KGHM Polska Miedź S.A. ZA pomocą metody siedzącej kropli wyznaczono wartości postępującego i cofającego kąta zwilżania. Dla łupka miedzionośnego wartości postępującego i cofającego kąta zwilżania w obecności wody destylowanej wynoszą odpowiednio 43° i 24° . Wykazano, że wraz ze stężeniem badanych reagentów chemicznych (MIBC, C_4E_2 , n-oktanol) nie ulega zmianie hydrofobowość łupka, dlatego w procesie flotacji odczynniki te mogą pełnić jedynie funkcję spieniaczy.

WPROWADZENIE

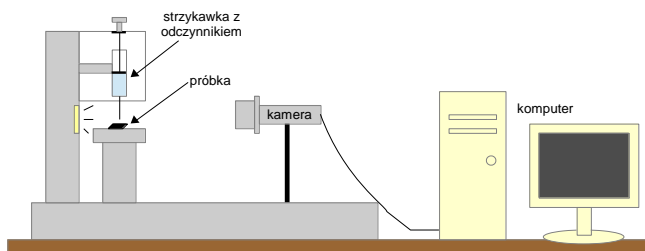
Flotacja, jako metoda separacji, umożliwia rozdział wielu substancji mineralnych. Bardzo ważną rolę w procesie flotacji ogrywiają odczynniki flotacyjne, cechy materiałowe separowanej substancji, urządzenia flotacyjne oraz sposób prowadzenia procesu (Drzymała, 2009). W procesie flotacji główną cechą separowanego materiału jest jego hydrofobowość, czyli zdolność zwilżania przez wodę. Niestety większość substancji mineralnych ulega całkowitemu zwilżeniu, czyli są hydrofilowe. Substancje hydrofilowe nie są zdolne do utworzenia kontaktu na granicy faz ciało stałe-ciecz-gaz. W chwili zderzenia takiego ciała z pęcherzykiem gazowym w środowisku wodnym, jego cofający kąt zwilżania jest zerowy. Dopiero niezerowy cofający kąt zwilżania daje możliwość utworzenia stabilnego agregatu ziarno-pęcherzyk gazowy (Kowalczuk et al., 2011). W celu zmiany kąta zwilżania substancji naturalnie hydrofilowych lub słabo hydrofobowych używa się odpowiednich reagentów chemicznych. Jedną z grup odczynników flotacyjnych stosowanych do modyfikacji hydrofobowości są kolektory, do których należą alkohole (Bulatovic, 2007). Alkohole są również stosowane jako speniacze flotacyjne, których zadaniem jest zdyspergowanie pęcherzyków gazowych, utworzenie stabilnej piany oraz podniesienie skuteczności procesu flotacji. Z tego wynika, że alkohole mogą pełnić podwójną rolę: jako odczynniki spieniające i kolektory, czyli zmieniające właściwości powierzchniowe ciał stałych. Aby sprawdzić wpływ alkoholi na właściwości powierzchniowe ciał stałych, w pracy tej wykonane zostały pomiary kąta zwilżania łupka miedzionośnego w obecności trzech wybranych odczynników o różnych stężeniach. Jako metodę pomiarową przyjęto metodę siedzącej kropli, która jest jedną z najprostszych i najczęściej stosowanych metod do określenia hydrofobowości ciał stałych.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

W pracy przeprowadzono badania wpływu typu i stężenia wybranych reagentów chemicznych na pomiar kąta zwilżania łupka miedzionośnego pochodzącego z Zakładów Górniczych Rudna KGHM Polska Miedź S.A. Doświadczenia przeprowadzono przy użyciu

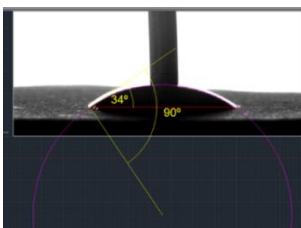
wody destylowanej i trzech reagentów chemicznych metyloizobutylokarbinolu (MIBC), eteru butylowego glikolu dietylenowego (C_4E_2) oraz n-oktanolu. Powierzchnię łupka miedzionośnego poddano obróbce za pomocą papieru ściernego o ziarnistości 2500. Proces szlifowania powierzchni prowadzono na mokro.

Dla każdego stężenia wszystkich trzech odczynników zmierzono postępujące i cofające kąty zwilżenia łupka miedzionośnego. W celu otrzymania wiarygodnych wyników, każdy eksperyment powtórzono 15 razy. Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 1. Na statywie została umieszczona strzykawka o pojemności 2 cm^3 z badanym odczynnikiem. Igła, przez którą wypuszczano kroplę, miała wewnętrzną średnicę $0,5\text{ mm}$. Eksperyment był rejestrowany za pomocą kamery CCD podłączonej do komputera. Rzeczywisty obraz był odtwarzany w programie ImageXP, za pomocą którego robiono zdjęcia kroplom posadzonym na próbce łupka miedzionośnego. Następnie zdjęcia wczytywano do programu AutoCAD, w którym wyznaczono wartości kątów zwilżenia. Na wstępie ustalano bazę kropli poprzez połączenie dwóch punktów styku trzech faz. W drugiej kolejności do zarysu kropli dopasowywano okrąg. Od środka okręgu prowadzono promień do punktu styku trzech faz (lewego lub prawego, w zależności z której strony kropli był mierzony kąt zwilżania). Na koniec z punktu styku trzech faz rysowano styczną do zarysu kropli (pod kątem 90° do promienia). Ta styczna z linią podstawy kropli tworzyła poszukiwany kąt zwilżania (rys. 2).



Rysunek 1

Schemat urządzeń do pomiaru kąta zwilżenia metodą siedzącej kropli (Bednarek, 2014)

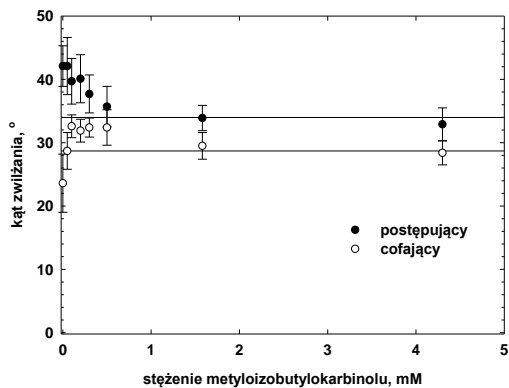


Rysunek 2

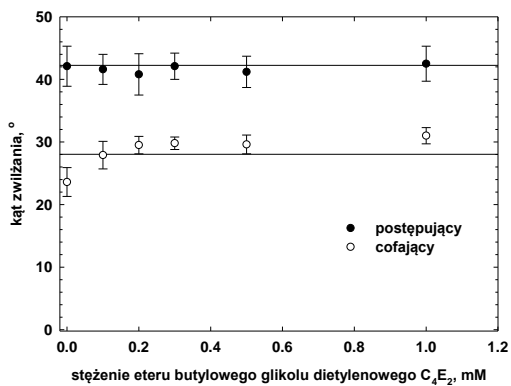
Przykład graficznego wyznaczenia postępującego kąta zwilżania

WYNIKI BADAŃ

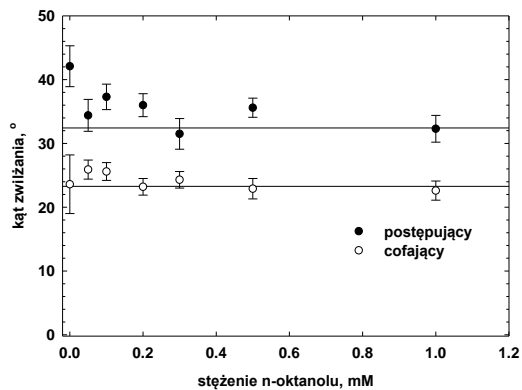
Średnią wartość kątów zwilżenia postępującego i cofającego w obecności różnych odczynników i ich stężeń wyznaczono na podstawie średniej arytmetycznej. Wartości kątów przedstawiono na rys. 3-5, jako wykresy zależności kąta zwilżenia od stężenia badanych reagentów chemicznych. Kąty zwilżenia łupka dla wody destylowanej oznaczono jako stężenie początkowe. Postępujący i cofający kąt zwilżenia łupka miedzionośnego w wodzie wynosi odpowiednio 43° i 24° .



Rysunek 3
Wykres zależności kąta zwilżania od stężenia MIBC



Rysunek 4
Wykres zależności kąta zwilżania od stężenia C₄E₂



Rysunek 5
Wykres zależności kąta zwilżania od stężenia n-oktanolu

Na podstawie otrzymanych wyników można zauważyć, że w obecności każdego z trzech badanych odczynników (MIBC, C_4E_2 , n-oktanol) wartości postępujących i cofających kątów zwilżania zmieniają się nieznacznie. Z rysunku 3. można zaobserwować, że użycie niewielkiej ilości MIBC powoduje spadek postępującego kąta zwilżania i jednocześnie wzrost cofającego kąta zwilżania. Początkowa duża różnica pomiędzy postępującym (43°) i cofającym kątem (24°), która wynosiła 19° , zmniejszyła się wraz z dodaniem MIBC, osiągając już niemal stałą wartość 4° powyżej stężenia $0,5 \text{ mmol/dm}^3$. Wartości postępującego i cofającego kąta zwilżania łupka w obecności MIBC o stężeniu $0,5 \text{ mmol/dm}^3$ wynoszą odpowiednio 36° i 32° . Dalsze zwiększanie stężenia odczynnika praktycznie nie zmieniło wartości kątów zwilżania.

Na rysunku 4. przedstawiono wpływ C_4E_2 na kąt zwilżania łupka. Można zauważyć, że pomimo wzrostu stężenia odczynnika, postępujący kąt zwilżania utrzymuje się na stałym poziomie $41-42^\circ$, natomiast przy zmianie stężenia widoczny jest wzrost cofającego kąta zwilżania z 24° do wartości około 30° . Różnica pomiędzy postępującym i cofającym kątem zwilżania z wartości 19° maleje do 11° dla $0,5 \text{ mmol/dm}^3$, powyżej tego stężenia również utrzymuje taką samą wartość (11°). Dla stężenia $0,5 \text{ mmol/dm}^3$ C_4E_2 wartości postępującego i cofającego kąta zwilżania wynoszą 41° i 30° . Kolejne dodawanie odczynnika w nieznacznym stopniu wpłynęło na wzrost wartości kątów zwilżania (oba kąty zwiększyły swoją wartość o 1°). Tak niewielka zmiana wartości obu kątów mieści się w granicy błędu.

Dla n-oktanolu (rys. 5.4) postępujący kąt zwilżania maleje wraz ze stężeniem odczynnika, natomiast kąt cofający pozostaje praktycznie bez zmian, z wartości 26° jaką osiągnął przy pierwszym stężeniu $0,05 \text{ mmol/dm}^3$ spada do 23° przy stężeniu $0,5 \text{ mmol/dm}^3$ i utrzymuje się dla wyższych stężeń. Początkowa duża różnica pomiędzy postępującym i cofającym kątem zwilżania, wynosząca 19° , zmniejszyła się do 10° dla stężenia $0,5 \text{ mmol/dm}^3$ i pozostaje niezmienną dla wyższych stężeń. Wartości postępującego i cofającego kąta zwilżania dla tego stężenia wynoszą odpowiednio 33° i 23° .

DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI

Metyloizobutylokarbinol (MIBC) jest dobrze znanym i stosowanym odczynnikiem w przemyśle jako speniacz. Zmiany wartości kątów zwilżania postępującego i cofającego, w obecności MIBC mogą sugerować, że w pewnym stopniu wpływa on na energię powierzchniową łupka. Według Drzymały (2009) MIBC jako alkohol, zalicza się do grupy zbieraczy niepolarnych. Jednak przedstawione wyniki wskazują, że nie podnosi on hydrofobowości łupka miedzionośnego co oznacza, że nie pełni roli kolektora, a jedynie speniacza w procesie flotacji.

Eter butylowy glikolu dietylenowego (C_4E_2) tworzy kąty zwilżania na łupku miedzionośnym, jednak zmierzone wartości zmieniają się nieznacznie. W przypadku tego odczynnika nie można go zaliczyć do grupy zbieraczy. Flotacja łupka miedzionośnego z jego udziałem jest możliwa, ale tylko w roli speniacza. Jak pokazał w swojej pracy Kowalczyk wraz z współpracownikami (2014) etery glikoli polietylenowych mogą być użyte do flotacji polskich rud miedzi bez obecności kolektora. Uzysk łupka miedzionośnego z takiej operacji mieścił się w przedziale od około 30 do 50% (dla stężenia $0,136 \text{ mmol/dm}^3$).

Również w przypadku n-oktanolu można stwierdzić, że kąty zwilżania nie ulegają zmianie dla wyższych stężeń odczynnika. Brak wpływu obecności n-oktanolu na wartości kątów zwilżania prawdopodobnie ma związek z jego bardzo słabą rozpuszczalnością w wodzie. Podobne zjawisko miało miejsce w pracy Kowalczyka i współpracowników (2014), gdzie badano wpływ alkoholi alifatycznych (1-heksanolu, 1-nonanolu, 1-undekanolu) jako speniaczy na flotację łupka miedzionośnego. Uzysk łupka w obecności tych odczynników nie przekroczył nawet 20%.

PODZIĘKOWANIA

Praca powstała przy wsparciu finansowym Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (stypendium START) oraz ze środków Narodowego Centrum Nauki (DEC-2012/07/D/ST8/02622).

LITERATURA

- Bednarek, P., 2014, *Kąt zwilżania łupka miedzionośnego w obecności różnych reagentów chemicznych, praca inżynierska*, opiekun P.B. Kowalczyk, Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii.
- Bulatovic, S. M., 2007, *Handbook of flotation reagents*, Elsevier Science & Technology Books.
- Drzymała, J., 2009, *Podstawy mineralurgii*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, Wrocław.
- Kowalczyk, P.B., Sahbaz, O., Drzymała, J., 2011, *Maximum size of floating particles in different flotation cells*, Miner. Eng. 24(8), 766–771.
- Kowalczyk, P., Buluc, B., Sahbaz, O., Drzymała, 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), 2014, 835–840.

