

Flotacja powierzchniowa i hydrofobowość łupka

Marcin Pokrywka, Jan Drzymała

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

Streszczenie

Badano hydrofobowość łupka miedzionośnego techniką flotacji powierzchniowej zbioru ziarn w lejku Schotta oraz techniką flotacji powierzchniowej pojedynczych ziarn. W wyniku przeprowadzonych badań określono tak zwany maksymalny rozmiar flotującego powierzchniowo ziarna (d_{50}). Na podstawie tej wielkości, a także stosując odpowiednie równanie zaczerpnięte z literatury, obliczono postępujący kąt zwilżania łupka miedzionośnego. Według pierwszej techniki, dla d_{50} wynoszącego około 2,5 mm, kąt zwilżania łupka miedzionośnego można oszacować na 54 stopnie, a według drugiej metody, d_{50} także wynosi 2,5 mm, a kąt zwilżania ma także wartość 54 stopnie. Zatem należy przyjąć, że postępujący kąt zwilżania badanego łupka miedzionośnego wynosi 54 stopnie. Wynik ten jest zgodny z danymi literaturowymi dotyczącymi łupka miedzionośnego.

Wprowadzenie

Flotacja łupka miedzionośnego jest ważnym zagadnieniem technologicznym, gdyż z jednej strony wnosi on pewną ilość miedzi do końcowego koncentratu przemysłowego, a z drugiej strony obniża on jakość koncentratów z powodu obecności węgla organicznego (Konieczny i inni, 2013). Flotacja łupka miedzionośnego w procesie przemysłowym jest powodowana jego naturalną hydrofobowością (Bednarek i Kowalczuk, 2014). Celem tej pracy jest weryfikacja stopnia hydrofobowości łupka, czyli jego kąta zwilżania, tym razem poprzez wykonanie pomiarów metodą maksymalnego rozmiaru flotującego ziarna, zarówno dla pojedynczych jak i dla zbioru ziarn łupkowych.

Przeprowadzenie badań

Wykonano dwie serie badań. W pierwszej do badań użyto łupka miedzionośnego z ZG Lubin, który został skruszony do odpowiednich rozmiarów ziaren. Wykorzystano do tego młotek oraz moździerz, a także sita o rozmiarach oczek <0,1, 0,1–0,5, 0,5–1,0, 1–2 i 2–4 mm, na których przesiano próbkę. Otrzymany w ten sposób materiał wykorzystano do przeprowadzenia badań hydrofobowości zbioru ziarn. W drugiej serii rozdrobniono inną próbkę łupka miedzionośnego za pomocą moździerza ceramicznego i przesiano go przez sita o rozmiarach oczek 1–2, 2–3, 3–4 oraz 4–6 mm. Pomiar flotacji powierzchniowej przeprowadzono dla indywidualnych ziarn.

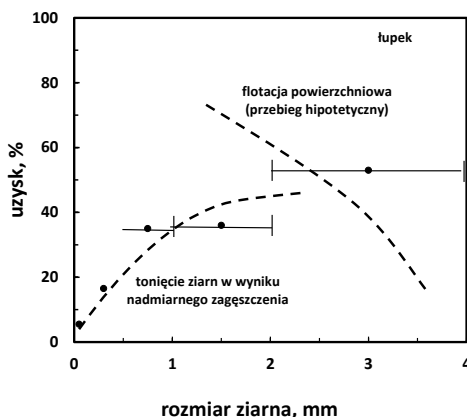
Metoda dla zbioru ziarn z użyciem lejka Schotta polegała na zważeniu 0,4 g każdej frakcji ziarnowej. Następnie lupek przesypano do suchego lejka Schotta. Po kolei, dla każdej frakcji osobno, zaczynając od największej, wkładano lejek do wody destylowanej. Jego zadaniem było powolne przepuszczanie cieczy przez spiek porowaty lejka, aby ostatecznie wskazać ilość flotujących ziaren. Nadawa jaka unosiła się na powierzchni została zebrana łyżeczką, odpowiednio każda frakcja do innego naczynia. Otrzymane w ten sposób próbki włożono na 24

godziny do suszarki o temperaturze 105 °C. Wyszuszone łupki w naczyniach poddano zważeniu i wyznaczano gramowy oraz procentowy uzysk łupka.

W drugiej metodzie flotacji, którą była powierzchniową flotacją pojedynczych ziarn, wykorzystano proste naczynie, w którym znajdowała się woda destylowana. Do badań użyto ziarna łupka przesiane przez sита o wielkościach oczek 1-2, 2-3, 3-4 i 4-6mm. Badanie polegało na powolnym kładzeniu pojedynczych ziaren łupka na powierzchnię wody. Dla każdej frakcji użyto 10 ziarn. Przy pierwszej frakcji to jest dla ziarn o rozmiarach 1-2 mm wszystkie ziarna flotowały, co daje 100% uzysku. Dla kolejnych frakcji, 2-3 mm, flotowało 80% (8 ziaren), dla frakcji 3-4 mm uzysk wynosił 20% (2 ziarna), a dla frakcji 4-6 mm nie było flotacji (0 ziaren).

Wyniki i ich dyskusja

Wyniki badań flotacji łupka metodą powierzchniowej flotacji zbioru ziarn w lejku Schotta przedstawiono na rys 1. W oparciu o ten rysunek można wyznaczyć tak zwane ziarno podziałowe, to jest rozmiar ziarna, dla którego uzysk wynosi 50%. Ziarno takie ma 50% szans flotować i nie flotować, dlatego uznaje się je jako ziarno podziałowe i jednocześnie jako maksymalny rozmiar flotującego ziarna (Kowalczyk i inni, 2011).



Rys. 1. Wyniki pomiaru ilości flotujących ziarn łupka w zależności od ich rozmiaru określone metodą flotacji zbioru ziarn w lejku Schotta. Szacowane d_{50} flotacji wynosi około 2,5 mm

Ziarno podziałowe użyto do wyliczenia kąta zwilżania łupka. Dokonać tego można w oparciu o zależność (Kowalczyk i Drzymała, 2012):

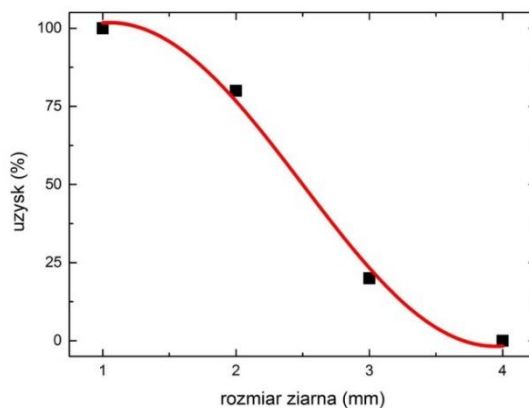
$$6 \left(\frac{L}{R_p} \right)^2 \left(1 - \cos^2 \theta_d / 2 \right) + 3 \left(1 - \cos^2 \theta_d / 2 \right)^2 \left[\ln \frac{4 L / R_p}{\sin \theta_d / 2 \left(1 + \cos \theta_d / 2 \right)} - 0.577 \right] + 3 \cos \theta_d / 2 - \cos^3 \theta_d / 2 - 4 \left(\frac{\rho_p}{\rho_w} \right) + 2 = 0. \quad (1)$$

gdzie L – stała kapilarna, $(\sigma/\rho_w \cdot g)^{1/2}$, R_p – promień ziarna g – przyspieszenie równe przyspieszeniu ziemskiemu, 9,81 m/s², θ_d - kąt odrywu, ρ_p – gęstość ziarna (2,5 g/cm³, Cependa

i inni, 2014), ρ_w – gęstość cieczy (woda, 1 g/cm³) σ – napięcie powierzchniowe cieczy (72,8 mN/m, Drzymała, 2009).

Oszacowano, że dla maksymalnego rozmiaru flotujących ziarn łupka miedzionośnego wynoszącego około 2,5 mm kąt zwilżania wynosi $\sim 54^\circ$. Należy zauważyć (rys. 1), że drobne ziarna, mimo hydrofobowości, toną. Jest to prawdopodobnie spowodowane znacznymi siłami kapilarnymi, które pojawiają się, gdy ziarno jest zbyt duże i łączą się one w agregaty. Stąd d_{50} wyznaczono dla hipotetycznego przebiegu krzywej flotacji.

W wyniku badań flotacji metodą powierzchniowej flotacji pojedynczych ziarn otrzymano uzyski przedstawione graficznie na rys 2. W oparciu o ten rysunek można wyznaczyć ziarno podziałowe d_{50} .



Rys. 2. Wyniki pomiaru liczby flotujących ziarn łupka w zależności od ich rozmiaru określone metodą flotacji powierzchniowej pojedynczych ziarn. d_{50} flotacji łupka wynosi 2,5 mm

Dla maksymalnego rozmiaru flotujących ziarn łupka miedzionośnego wynoszącego 2,5 mm wyliczono, kierując się także procedurą Kowalczyka i Drzymały (2012) oraz równaniem 1, że kąt zwilżania wynosi 54° .

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że ziarno podziałowe flotacji podczas powierzchniowej łupka wynosi około 2,5 mm, co wskazuje, że jego postępujący kąt zwilżania wynosi ~ 54 stopnie. Wynik ten jest w dużym stopniu zgodny z bezpośrednimi pomiarami postępującego kąta zwilżania łupka miedzionośnego wynoszącego 43 stopnie (Bednarek i Kowalczyk, 2014).

Podziękowania

Praca powstała dzięki finansowemu wsparciu zlecenia Prace Statutowe Politechniki Wrocławskiej 0401/0124/16.

Literatura

BEDNAREK P., KOWALCZYK P.B., 2014. Kąt zwilżania łupka miedzionośnego w obecności spieniaczy. W: *Łupek miedzionośny*, Praca zbiorowa pod redakcją J. Drzymały i P. Kowalczyka, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 51 – 56.

- CEPENDA K., DRZYMAŁA J., LEWICKA M.P., 2014, *Gęstość łupka miedziowego*. W: *Lupek miedzionośny*, Praca zbiorowa pod redakcją J. Drzymały i P. Kowalczyka, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 19 – 22.
- DRZYMAŁA J., 2009. *Podstawy mineralurgii*. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki.
- 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.
- KOWALCZUK P.B., DRZYMAŁA J., 2012, *Surface flotation of particles on liquids. Principles and applications*, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 393, 81-85.
- KOWALCZUK P.B., SAHBAZ O., DRZYMAŁA J. 2011, *Maximum size of floating particles in different flotation cells*, Minerals Engineering, 2011, 24(8), 766-771.