

Wpływ starzenia się łupka miedzionośnego na jego spieniaczową flotację

Kacper Koput, Tomasz Ratajczak

Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, e-mail: tomasz.ratajczak@pwr.edu.pl

Streszczenie

Sprawdzono wpływ sposobu oraz czasu przechowywania łupka miedzionośnego na jego flotację w obecności spieniacza (MIBC). Badania były wykonywane w okresie półrocznym na łupku, przechowywanym w warunkach normalnych oraz o obniżonej i podwyższonej temperaturze. W wyniku badań stwierdzono, że czynniki zewnętrzne (zanieczyszczenia i wilgoć zawarta w powietrzu) pogarszają wychody maksymalne flotacji. Ponadto, najlepsze rezultaty osiągnięto dla próbki mrożonej.

Wprowadzenie

W pracy zbadano wpływ starzenia się łupka miedzionośnego na flotację, w obecności spieniacza, w postaci MIBC (4-Metylo-2-pentanol). Badanie tego parametru w okresie półrocznym, miało na celu sprawdzenie, jak duży wpływ na flotację, ma sposób przechowywania materiału w czasie. Wynika to z technologicznych rozwiązań stosowanych w zakładach przeróbki kopalni, które często utrzymują zapasowe hałdy łupka miedzionośnego, przebywające na odkrytych placach. Taki materiał może być magazynowany przez wiele dni lub tygodni, będąc ciągle pod wpływem czynników zewnętrznych. Ponadto, różnice w sposobie przechowywania próbek łupka miedzionośnego do badań, pozwoliło ocenić ich rolę we flotacji. Dzięki temu możliwe było określenie zależności, pomiędzy sposobem przechowywania materiału, a jego maksymalnym wychodem flotacji.

Metodyka badań

Do badań użyto łupka miedzionośnego B, pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Badany łupek miedzionośny B charakteryzował się zawartością miedzi na poziomie 2,95%, substancji organicznych 7,2% oraz dwutlenku węgla 15,1% i został sklasyfikowany jako łupek ilasto-dolomityczny niskomiedziowy wysokowęglowy (Drzymała i inni, 2017).

Cała porcja przygotowanego łupka B, została podzielona na 3 równe porcje, które następnie były umieszczone w oddzielnych szklanych pojemnikach. W ten sposób oceniany był nie tylko wpływ starzenia się łupka na proces flotacji, ale także warunki jego przechowywania.

Pierwsza próbka łupka B była wystawiona na działanie powietrza atmosferycznego, wilgoci w temperaturze pokojowej. Ta porcja materiału miała być odpowiednikiem długotrwałego przebywania łupka miedzionośnego na rezerwowych hałdach zewnętrznych zakładu przeróbki kopalni. Dodatkowo, na tej próbce mogły osadzać się różnorodne zanieczyszczenia powietrza w postaci kurzu, włókien albo drobin innych minerałów. W dalszej części pracy, ten materiał jest określany mianem łupka naturalnego.

Druga próbka była przechowywana w identycznych warunkach jak łupek naturalny. W związku z czym, była wystawiona na te same oddziaływania co poprzednia próbka. Jednak, istotną różnicą było, suszenie drugiej porcji materiału przed każdym cyklem flotacji. Suszenie odbywało się w suszarce laboratoryjnej, przy 40°C oraz 105°C. Długość i temperatura suszenia zostały opisane szczegółowo w pracy Koputa (2018). Ponadto, suszona była cała próbka, a nie jej wydzielona część. Powstały przez to swoiste cykle, w których próbka wystawiona była na oddziaływanie czynników zewnętrznych, a następnie była suszona i ponownie odstawiana do magazynu. Miało to na celu sprawdzenie jaki wpływ będzie miało wstępne i chwilowe suszenie łupka wystawionego na działanie czynników zewnętrznych, tuż przed samą flotacją. Miało to na celu zobrazowanie sytuacji identycznej jak dla łupka naturalnego, z taką różnicą, że przed procesem wzbogacania, byłby poddawany osuszeniu. W dalszej części pracy, ta porcja jest określana mianem łupka suszonego.

Ostatnia próbka została umieszczona w szczelnie zamykanym, foliowym worku, a następnie była włożona do zamrażalnika, w którym panowała temperatura minus 17°C. Ten materiał, w przeciwieństwie do dwóch poprzednich próbek, był niemal całkowicie izolowany od wpływu powietrza atmosferycznego oraz wilgoci. Miało to na celu zbadanie wpływu czynników zewnętrznych i temperatury, na wyniki flotacji, względem łupka naturalnego i suszonego. Dodatkowo, miało to na celu odzwierciedlenie sytuacji, w której łupek przechowywany jest na hałdach podczas zimy. W dalszej części pracy ta porcja łupka B jest określana mianem łupka mrożonego.

Flotacje były przeprowadzane w cyklach, w maszynie flotacyjnej typu "Mechanobr". Każdy z cykli składał się z 3 niepowiązanych ze sobą flotacji, przeprowadzanych dla każdej próbki łupka miedzionośnego B, czyli dla łupka naturalnego, suszonego i mrożonego. Kolejność wykonywania kolejnych badań oraz warunki flotacji, zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Harmonogram przeprowadzania kolejnych cykli flotacji (Koput, 2018)

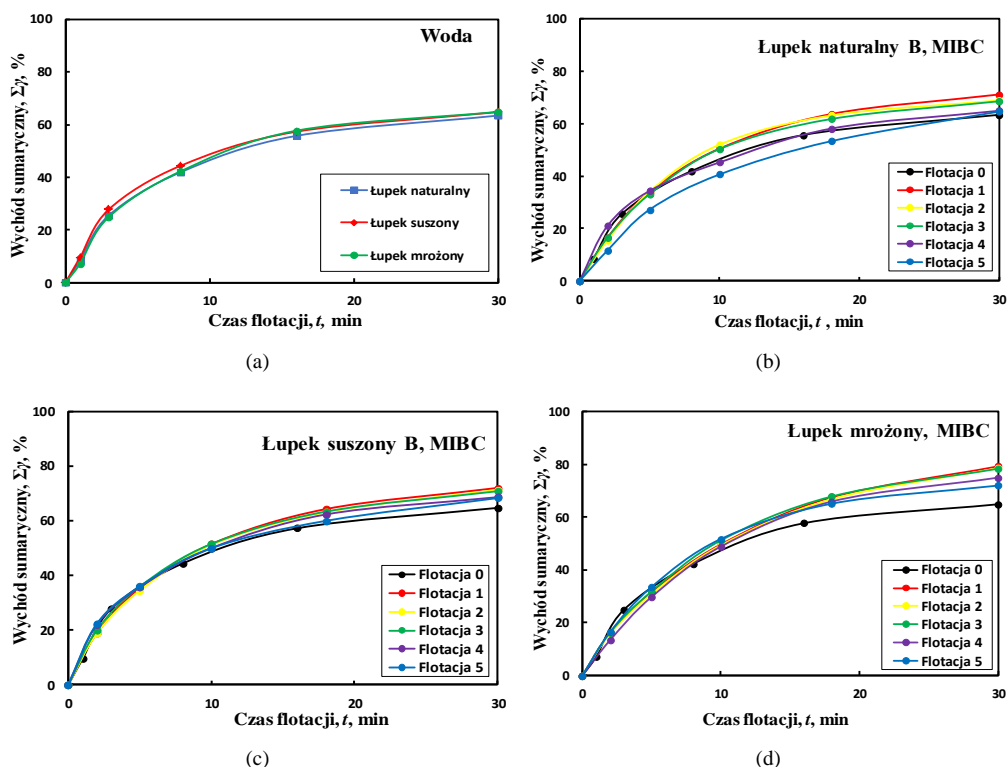
Daty badań	Cykle flotacji	Warunki flotacji
02.12.2017	0	– woda, brak spieniacza; – 30 minut flotacji
12.01.2018	1	– 0,03% MIBC o dawce 50g/Mg, – 30 minut flotacji
17.02.2018	2	
17.03.2018	3	
21.04.2017	4	
14.05.2018	5	

Nadawę stanowiła 30 gramowa naważka danej próbki łupka B, o uziarnieniu poniżej 0,1 mm, umieszczonej w celce flotacyjnej o pojemności 0,3 dm³. Próbkę zwilżano wodą destylowaną ręcznie, a następnie mechanicznie przez 1 minutę za pomocą wirnika maszyny flotacyjnej. Następnie, dodano speniacz i całość mieszano jeszcze przez kolejną 1 minutę. Po tym czasie, odkręcono zawór maszyny flotacyjnej, umożliwiając przepływ powietrza (ok. 20–25 dm³ na godzinę) i rozpoczynano flotację. Zbierano 5 kolejnych koncentratów łupka B w postaci zmineralizowanej piany, do oddzielnych naczyń, w odstępach wynoszących 2, 3, 5, 8 i 12 minut. Ubytki roztworu w celce flotacyjnej, uzupełniano wodnym roztworem spieniacza. Flotację prowadzono w czasie 30 minut, a produktem końcowym był koncentrat oraz odpad. Zebrane produkty przesączono i przepłukiwano wodą destylowaną, za pomocą zestawu Büchnera. Następnie produkty flotacji suszono w suszarce przez 24 h

w temperaturze 105°C, ważono i określono ich wychody. Dokładniejszą metodykę badań zawarto w pracy Koputa (2018).

Wyniki i dyskusja badań

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki flotacji łupka miedzionośnego B (naturalnego, suszonego oraz mrożonego) w wodzie oraz w obecności MIBC. Natomiast na rysunku 2 zestawiono wychody maksymalne łupka w przyjętych cyklach flotacji.



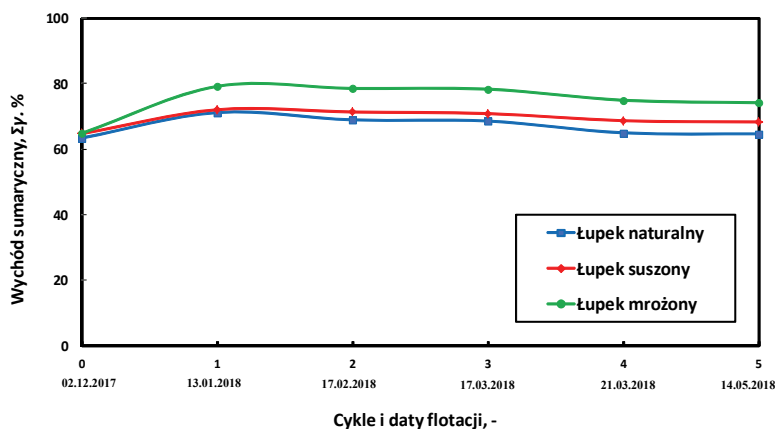
Rys. 1. Flotacja łupka miedzionośnego B (naturalnego, suszonego, mrożonego) w wodzie oraz w obecności spieniacza

W przypadku flotacji łupka naturalnego, zaobserwowano nieznaczne pogorszenie wychodów maksymalnych w czasie prowadzonych cykli badań (rys. 1b, 2). Może to oznaczać, że długotrwałe wystawienie łupka miedzionośnego na oddziaływanie wilgoci, czy wody, stopniowo pogarsza jego właściwości flotacyjne. Ponadto, krzywa kinetyki flotacji 4 ma porównywalny przebieg z krzywą flotacji 0, która była wykonywana bez obecności spieniacza, zaś wychody ostatniej flotacji (5), są znacznie gorsze od danych pokazanych na krzywej flotacji 0. Może być to spowodowane niedokładnym przeprowadzeniem flotacji 0, w postaci zebrania zbyt dużej ilości ziarn wyniesionych mechanicznie, niedokładnym przeprowadzeniem ostatniej flotacji dla próbki łupka naturalnego, albo znacznym obniżeniem własności flotacyjnych tej próbki łupka B.

Podobna spadkowa tendencja wychodów flotacji jest widoczna również dla łupka suszonego. Jednak tutaj, spadek wychodu maksymalnego jest mniejszy, bowiem zmienia się z 72,05% do 68,33% (rys. 1c). Dodatkowo na rysunku 2 widać nieznaczną różnicę pomiędzy łupkiem suszonym, a naturalnym, na korzyść tego pierwszego. Dzięki temu można stwierdzić, że to właśnie wilgoć powoduje największy wpływ na flotację łupka miedzionośnego B. Wstępne suszenie materiału przeznaczonego do flotacji, oraz wybieranie naważki wyłącznie z górnej, najbardziej wysuszonej, części całej próbki, mogło spowodować flotowanie łupka o mniejszej zawartości wilgoci. Ilość zanieczyszczeń, które mogły osadzić się na łupku suszonym, powinna być porównywalna z ilością zanieczyszczeń na łupku naturalnym, z powodu ich podobnego sposobu przechowywania.

Wpływ temperatury samego łupka B na flotację jest nieznacznym lub żaden. Według badań dotyczących wpływu temperatury na flotację łupka miedzionośnego w obecności spieniacza MIBC, flotacja była nieznacznie lepsza dla wyższych temperatur (Drzymała i Redlicki, 2016). Ponadto, istnieje ogólna tendencja mówiąca, że reakcje chemiczne zachodzą szybciej w roztworach o większej temperaturze (Kowalczyk i Szwaja, 2016). Warto tu jednak zaznaczyć, że temperatura dotyczyła całej zawiesiny, a nie tylko łupka. W przypadku badań wykonanych w tej pracy, temperatura łupka nie mogła podgrzać wody używanej do flotacji na tyle, aby jej temperatura zmieniła się zauważalnie. Dlatego uznano, że wzrost temperatury łupka przeznaczonego do flotacji ma niewielki lub żaden wpływ na jej przebieg, natomiast eliminacja wilgoci, która jest w nim zawarta ma o wiele istotniejsze znaczenie.

Wyniki dotyczące łupka mrożonego są najbardziej interesujące, gdyż znacząco odbiegają od poprzednich próbek. Wychód maksymalny flotacji 1 wyniósł 79,19%, dla flotacji 3 jest równy 78,31%, natomiast dla ostatniej 74,15% (rys. 1d, 2). Dodatkowo, wpływ ujemnej temperatury ma nieznacznym lub żaden wpływ na otrzymane wyniki co pokazuje niemalże brak istotnej różnicy między wychodem maksymalnym 1 flotacji (79,19%), a 3 flotacji (78,31%), w której łupek posiadał temperaturę pokojową (rys. 1, 2).



Rys. 2. Zmiana maksymalnych wychodów flotacji łupka naturalnego, suszonego i mrożonego dla wszystkich cykli flotacji (0-5)

Również wyniki otrzymane dla łupka mrożonego zdają się potwierdzać, że to właśnie wilgoć, pochłaniana przez próbkę, ma największy wpływ na obniżenie jej zdolności flotacyjnych.

Dla pierwszych cykli flotacji łupka mrożonego, gdy był izolowany od czynników zewnętrznych, wychody maksymalne są najwyższe i porównywalne ze sobą (rys. 1d, 2). Dopiero po wystawieniu łupka mrożonego na działanie wilgoci znajdującej w zamrażalniku, na czas 5 tygodni, otrzymano zauważalnie niższy wychód końcowy. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku flotacji 5, natomiast tutaj próbka nie tyle była wystawiona na wilgoć z powietrza, co została całkowicie zalana wodą destylowaną, zamrożona i rozmrożona przed samym badaniem. Była więc porcją łupka mrożonego, która miała najdłuższy i największy kontakt z wodą, a jej wychód również był najniższy, wynosząc 74,15% (rys. 1d, 2).

Podobnie jak w przypadku łupka suszonego, temperatura łupka mrożonego nie mogła znacząco obniżyć temperatury całej zawiesiny, a więc miała nieznaczny lub żaden wpływ na flotację.

Jeśli chodzi o wysokość i jakość otrzymywanej piany, była ona porównywalna przez cały okres badań. Stężenie roztworu spieniacza było takie same podczas wszystkich flotacji, a więc wpływ na ten parametr mógł mieć tylko wykorzystywany materiał lub metoda flotacji.

Podsumowanie

Na podstawie wykonanych badań i opracowanych wyników, można stwierdzić, że sposób przechowywania łupka miedzionośnego przeznaczonego do flotacji ma istotny wpływ na jej wynik. Flotacja próbek wystawionych na działanie czynników zewnętrznych była zauważalnie słabsza, niż ta wykonana dla próbki izolowanej w postaci łupka mrożonego (rys. 1, 2). Ponadto kluczowym czynnikiem osłabiającym wydajność flotacji wydaje się być wilgoć i woda, które długotrwale oddziałują na łupek miedzionośny. Można stwierdzić, że czym dłuższa jest ekspozycja materiału na wilgoć zawartą w powietrzu, lub czym dłużej trwa jego pełne zwilżenie, tym słabsza będzie jego flotacja.

Ponadto, wpływ temperatury wyłącznie samego łupka ma niewielki lub żaden wpływ na flotację, jeśli nie jest powiązany z utratą wilgoci, która jest w nim zawarta. Wynika to z badań przeprowadzonych dla próbki łupka suszonego i flotacji 3 dla próbki łupka mrożonego (rys. 1, 2). Nie stoi to w sprzeczności z badaniami, z których wynika, że wyższa temperatura nieznacznie poprawia wyniki flotacji, ponieważ aby mogło mieć to miejsce, należy wykorzystywać do flotacji nie tylko łupek o innej temperaturze, a wręcz całą zawiesinę (Kowalczuk i Szwaja, 2016; Drzymała i Redlicki, 2016). Suszenie łupka przed flotacją, powoduje nieznacznie lepszą flotację, względem łupka naturalnego (rys. 1, 2).

W przypadku całkowitego zwilżenia próbki wodą jest zauważalne pogorszenie wychodu końcowego flotacji. Można więc stwierdzić, że czym dłuższa jest ekspozycja łupka na wilgoć podczas jego częściowego lub całkowitego zwilżenia, tym gorsze będą wyniki jego flotacji.

Przeprowadzone badania potwierdzają również, że dodanie spieniacza do flotacji łupka miedzionośnego, poprawia jego wychód (rys. 1, 2).

Ostatecznie, za starzenie się łupka miedzionośnego, można rozumieć jego ekspozycję na oddziaływanie czynników zewnętrznych, a zwłaszcza wilgoci zawartej w powietrzu. Dodatkowo, czym dłuższy jest taki kontakt, tym słabsza będzie flotacja z wykorzystaniem tego materiału. Można temu przeciwdziałać poprzez izolację łupka od tych czynników lub poddając go wstępnemu suszeniu przed rozpoczęciem procesów przerobczych.

Literatura

- BAKALARZ A., 2014. *Charakterystyka chemiczna i mineralogiczna wybranych łupków pochodzących z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*. W: *Łupek miedzionośny*, J. Drzymała, P.B. Kowalczyk (red.), WGGG PWr, Wrocław.
- DRZYMAŁA J., 2001. *Podstawy mineralurgii*, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- DRZYMAŁA J., BOROWSKI K., KARWOWSKI P., KOWALCZUK P.B., PAŹIK P.M., 2017. *Próba klasyfikacji łupków Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego na podstawie zawartości węglanów, minerałów ilastych, węgla organicznego oraz miedzi*. W: *Łupek miedzionośny III*, J. Drzymała, P.B. Kowalczyk (red.), WGGG PWr, Wrocław.
- DRZYMAŁA J., REDLICKI M., 2016. *Wpływ temperatury na flotację łupka miedzionośnego*. W: *Łupek miedzionośny II*, J. Drzymała, P.B. Kowalczyk (red.), WGGG PWr, Wrocław.
- KONOPACKA Ź., ZAGOŹDŹON K.D., 2014. *Łupek miedzionośny Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*. W: *Łupek miedzionośny*, J. Drzymała, P.B. Kowalczyk (red.), WGGG PWr, Wrocław.
- KOPUT K., 2018. *Wpływ starzenia się łupka miedzionośnego na proces flotacji w obecności spieniacza*, praca dyplomowa, niepublikowana, WGGG PWr.
- KOWALCZUK P.B., SZWAJA A., 2016. *Analiza termiczna łupka miedzionośnego*. W: *Łupek miedzionośny II*, J. Drzymała, P.B. Kowalczyk (red.), WGGG PWr, Wrocław.