

# Próba wzbogacenia łupka miedziowego za pomocą separatora elektrycznego

Adam Tyrlicz, Jan Drzymała

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

---

## STRESZCZENIE

W pracy opisano wyniki wzbogacania łupka miedziowego za pomocą separatora z trybologiczną elektryzacją powierzchni ziarn. Pomiary przeprowadzono przy różnych ustawieniach pracy separatora. W wyniku rozdziału otrzymywano trzy frakcje o różnej podatności na separację elektryczną. W oparciu o dokonaną analizę mikroskopową nie stwierdzono znaczących różnic w jakości otrzymanych frakcji. Oznacza to, że separacja elektryczna łupka miedziowego zachodzi, ale nie jest ona selektywna.

---

## WSTĘP

Łupek miedziowy jest cennym składnikiem polskich rud ze względu na zawarte w nim różne użyteczne minerały i wtrącenia pierwiastków chemicznych (Monografia miedziowa, 1996). Jednak ich selektywne wydzielanie z rudy miedziowej napotyka na trudności (Konieczny et al., 2013). Dlatego prowadzone są poszukiwania stosownej metody wzbogacania łupków miedzionośnych (Łupek miedzionośny, 2014). W tej pracy podjęto próbę wzbogacenia łupka miedzionośnego za pomocą separacji elektrycznej z wykorzystaniem tryboelektryzacji.

Proces separacji elektrycznej jest możliwy dzięki sile  $F_{el}$ , która działa na ziarno posiadające ładunek elektryczny  $Q_t$ , zależny od powierzchniowego ładunku elektrycznego ziarna  $q$ . Siła ta powstaje w wyniku działania pola elektrycznego  $E$  (Drzymała, 2009; Laskowski i Łuszczkiewicz, 1989):

$$F_{el} = Q_t E = A q E$$

gdzie

$F_{el}$  – siła działająca na ziarno (N),

$Q_t$  – ładunek elektryczny całego ziarna (C) w danej chwili czasu,

$E$  – natężenie pola elektrycznego (V/m),

$A$  – powierzchnia ziarna (m<sup>2</sup>),

$q$  – powierzchniowy ładunek elektryczny ziarna w danej chwili czasu (C/m<sup>2</sup>).

Ładunek elektryczny pojawia się na ziarnie w wyniku jego pocierania o płytę dostarczającej nadawę do separatora. Ponieważ wielkość ładunku na ziarnie zmniejsza się znacznie w czasie w wyniku dużego przewodnictwa elektrycznego ziarn, a także wilgotności próbki oraz powietrza, do badań należy użyć substancji o odpowiedniej przewodności i wilgotności (Pilch et al., 1977).

## MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Do badań użyto łupka miedzionośnego z ZWR Rudna, scharakteryzowanego już w części I monografii Łupek miedzionośny (łupek A) (Bakalarz, 2014). Przed przystąpieniem do badań

próbkę łupka suszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 90 °C przez 1 godzinę. Próbkę po wysuszeniu przesiewano przez sita. Do dalszych badań użyto próbkę łupka miedziowego o masie 270,1 g i rozmiarze ziarn od 0,1 do 0,5 mm. Próbkę łupka miedziowego podzielono na dziesięć porcji podobnych pod względem wagi.

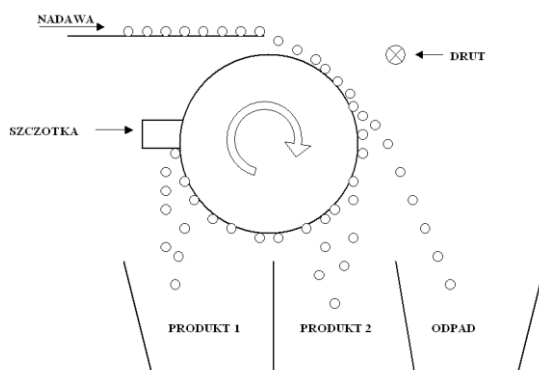
Testy separacji prowadzono w separatorze elektrycznym typu High Tension HT 150 firmy Boxmag Rapid (rys. 1). Płyta tryboelektryczna separatora była wykonana ze stali nierdzewnej. W czasie pomiarów próbki były ogrzewane specjalną grzałką separatora. Regulacji podlegały takie parametry jak szybkość obrotu bębna separatora oraz napięcie separacji.



Rysunek 1.

Zdjęcie separatora elektrycznego HT 150 (1 – miejsce wysypywania nadawy, 2- wyłączniki bezpieczeństwa uniemożliwiające włączenie urządzenia po otwarciu pokryw zabezpieczających, 3- wyświetlacz obrotów bębna, 4- regulator obrotów bębna)

Schemat działania użytego separatora elektrycznego (High Tension HT 150) pokazano na rys. 2.



Rysunek 2.

Schemat działania separatora elektrycznego (High Tension HT 150)

Pierwszej kolejności wykonano próbę pracy separatora z wyłączeniem wysokiego napięcia. Po włączeniu separatora uruchomiono bęben obrotowy i ustawiono jego prędkość obrotową na

30 rpm. Następnie włączono podajnik nadawy, a pokrętko jego regulacji ustawiono w pozycji 2. Gdy praca separatora się ustabilizowała (około 1 min), zaczęto wsypywać nadawę do leja wysypowego. Gdy całość materiału została przeprowadzona na bęben obrotowy, odczekano odmierzony czas 1 min, a następnie wyłączono separator w kolejności odwrotnej od jego uruchomienia.

Po sprawdzeniu prawidłowego funkcjonowania separatora przeprowadzono właściwe próby z wykorzystaniem zmiany prędkości bębna obrotowego oraz napięcia elektrycznego. Pierwszą separację przeprowadzono przy prędkości bębna 30 obrotów na minutę oraz napięciu zasilania 15 kV. Dalsze testy prowadzono przy innych nastawieniach separatora. Produkty separacji analizowano optycznie i mikroskopowo wykorzystując do tego celu mikroskop stacjonarny NIKON.

## WYNIKI I DYSKUSJA BADAŃ

Efektom separacji było otrzymanie w trzech oddzielnych szufladach frakcji nazwanych produktem 1, produktem 2 i odpadem. Przykładowy wynik separacji pokazano na rys. 3.



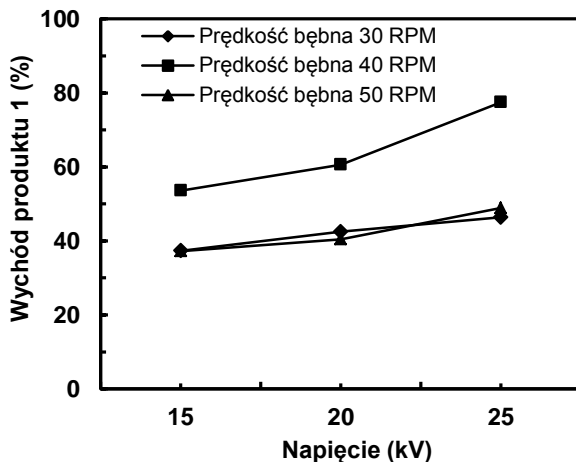
Rysunek 3.  
Schemat działania separatora elektrycznego (High Tension HT 150)

Wychody frakcji w zależności od prędkości obrotu bębna i napięcia elektrycznego pokazano w tabeli 1.

Tabela 1.  
Zestawienie wyników badań

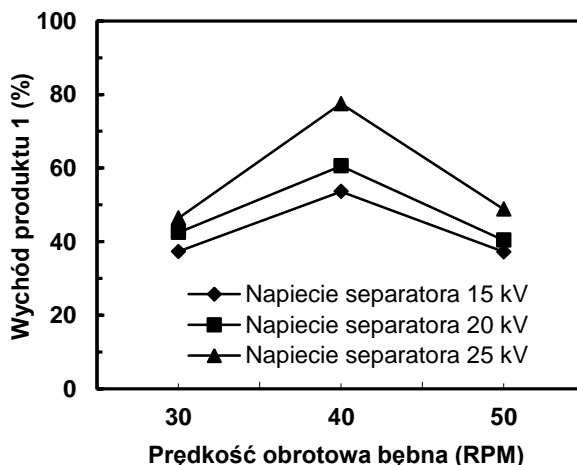
Numer próbki	Prędkość bębna (RPM)	Napięcie separatora (kV)	Waga (g)	Wychód produktu 1 (%)	Wychód produktu 2 (%)	Wychód odpadu (%)
1	30	15	23,8	37,3	58,9	3,8
2	30	20	21,2	42,5	40,4	17,1
3	30	25	20,1	46,4	42,3	11,3
4	40	15	21,8	53,6	30,9	15,5
5	40	20	22,2	60,6	35,5	3,9
6	40	25	21,4	77,4	21,7	0,9
7	50	15	21,1	37,2	44,7	18,1
8	50	20	20,4	40,4	53,2	6,4
9	50	25	20,0	48,8	50,7	0,5
10	30	0	20,2	0,6	0,0	99,4

Otrzymane wyniki badań w formie graficznej przedstawiono także na rys. 4 oraz 5. Wykres na rys. 4. przedstawia procentowy wychód produktu 1 względem nadawy przy zmianie napięcia zasilającego separator. Z wykresu tego można wywnioskować, że zwiększanie wysokiego napięcia niesie za sobą wzrost wychodu produktu 1. Najwyższą wartość wychodu otrzymano przy napięciu 25 kV. Jak widać z tego wykresu, niezależnie od prędkości obrotowej bębna, wraz ze wzrostem napięcia otrzymuje się zwiększony wychód produktu 1. Separator, na którym dokonano badania, posiada ograniczenie napięcia i maksymalnie możliwe napięcie nie powodujące jego uszkodzenia wynosi 25 kV. Można domniemać, że zwiększając jeszcze bardziej napięcie wychód produktu 1 byłby wyższy.



Rysunek 4.

Wychód produktu 1 wraz ze zmianą napięcia separatora przy różnych prędkościach obrotowych bębna



Rysunek 5.

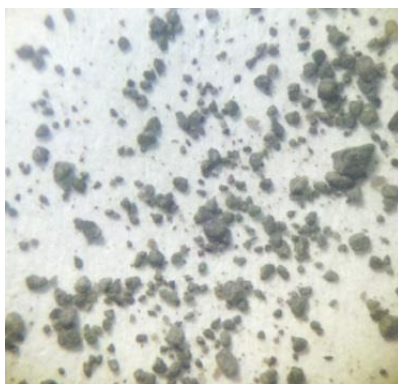
Wychód produktu 1 wraz ze zmianą prędkości obrotowej bębna separatora przy różnych napięciach

Drugi z wykresów (rys. 5) przedstawia wychód produktu 1 przy zmianie prędkości obrotowej bębna. Można zauważyć, że wzrost prędkości bębna nie niesie za sobą, przy każdym z ustawień, zwiększenia wychodu produktu 1. Mimo, że przy prędkości 40 rpm względem 30 rpm można zauważyć znaczną różnicę w wychodzie produktu 1, to po zwiększeniu prędkości obrotowej bębna do wartości 50 rpm zachodzi zmniejszenie wychodu produktu 1. Taka zależność powtarza się bez względu na napięcie podane na separator. Pozwala to na wysnucie stwierdzenia, że dla badanego łupka miedziowego najbardziej optymalną prędkością obrotową bębna jest prędkość 40 RPM.

Z otrzymanych danych pomiarowych wynika, że rozdział łupka na frakcje w polu elektrycznym w wyniku elektryzacji ziarn jest możliwy, a wychody frakcji zależą od sposobu przeprowadzenia separacji.

Pożądanym rezultatem jest przemieszczenie się możliwie największej części nadawy do szuflady określonej jako produkt 1. Taki rezultat udało się otrzymać w próbie 6, w której to otrzymany wychód produktu 1 wyniósł 77,4% przy obrotach 40 rpm i napięciu 25 kV.

Po przeprowadzeniu separacji próbki poddano badaniu za pomocą mikroskopu optycznego (rys. 6.). W badaniu tym nie dało się zaobserwować różnic w jakości ziarn zarówno co do ich rozmiaru jaki i występowania dodatkowych minerałów, na przykład kwarcu. Oznacza to, że proces separacji elektrycznej łupka był nieselektywny.



Rysunek 6.  
Produkt 1 próbki nr 6 obserwowany pod mikroskopem

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Z pracy wynika, że badany łupek jest podatny na tryboelektryzację i ulega podziałowi na frakcje w polu elektrycznym. Jednakże separacja ta jest nieselektywna.

## PODZIĘKOWANIA

Praca powstała częściowo w ramach zlecenia statutowego Politechniki Wrocławskiej S50167.

## LITERATURA

BAKALARZ A., 2014. *Charakterystyka chemiczna i mineralogiczna wybranych łupków pochodzących z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*. W: Łupek miedzionośny, Drzymała J., Kowalczyk P.B. (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2014, 13-18.

- DRZYMAŁA J., 2009. *Podstawy mineralurgii*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- KONIECZNY A., PAWŁOS W., KRZEMIŃSKA, 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.
- LASKOWSKI J., ŁUSZCZKIEWICZ A., 1989. *Przeróbka kopalin – wzbogacanie surowców mineralnych*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- ŁUPEK MIEDZIOŃSKA, 2014. *Łupek miedzioński*. Monografia, J. Drzymała i P.B. Kowalczyk (redaktorzy naukowi), WGGG PWR, Wrocław, 1- 106.
- MONOGRAFIA MIEDZIOWA, 1996. *Monografia KGHM Polska Miedź S.A.* Praca zbiorowa (pod red. A. Piestrzyńskiego), Lubin.
- PILCH A., POLAŃSKI W., KOMOROWSKA H., 1977. *Niektóre wyniki wzbogacania metodą tryboelektryczną wybranych surowców mineralnych*. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 11, 139-156