

## **Flotacja łupka miedzionośnego w obecności butyloaminy, pentyloaminy i heksyloaminy**

**Danuta Szyszka, Aleksandra Bacia**

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

---

### **STRESZCZENIE**

W pracy zbadano wpływ typu oraz stężenia zastosowanych amin takich jak butyloamina, pentyloamina i heksyloamina w warunkach bezkolektorowej flotacji łupka miedzionośnego pochodzącego z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Otrzymane wyniki wykazały, że badane aminy można zastosować jako speniacze we flotacji łupka miedzionośnego w określonych zakresach stężeń.

---

### **WSTĘP**

Głównym celem przeróbki kopaliny, jest uzyskanie z wydobytej kopaliny produktów handlowych o wymaganej jakości. Wzbogacanie urobku polega na usunięciu z niego, w jak największym stopniu, nieużytecznych ziarn np. skały płonnej tak aby zwiększyć udział ziarn minerału użytecznego. Jedną z metod wzbogacania jest flotacja, podczas którego wykorzystywane są różnice we własnościach powierzchniowych cząstek. Rozdział minerałów użytecznych od skały płonnej w tym procesie zachodzi w wodzie przy wykorzystywaniu różnic w zwilżalności powierzchni ziarn przez wodę.

Szacuje się, że metodą flotacji wzbogacane jest około 80-90 % wydobywanych na świecie rud metali nieżelaznych. W Polsce ta metoda przeróbki jest stosowana przez KGHM Polska Miedź S.A. do wzbogacania siarczkowej rudy miedzi wydobywanej w trzech kopalniach (Łuszczkiewicz, 2010).

W celu poprawy jakości przeprowadzanych flotacji stosuje się różnego rodzaju odczynniki chemiczne takie jak kolektory, aktywatory, depresory oraz speniacze. Każdy z tych odczynników w inny sposób wpływa na poprawę procesu flotacji (Willsi Napier-Munn, 2006; Drzymała, 2007).

W pracy przebadano łupek miedzionośnego pochodzący z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego eksploatowany przez KGHM Polska Miedź S.A. Łupek jest ważnym technologicznie składnikiem rudy z dużą zawartością metali w tym miedzi dochodzącą nawet do 10%. Ze względu na swoje właściwości (Kijewski i Leszczyński, 2010, Pactwa, 2012) stwarza on różnego rodzaju trudności podczas wzbogacania flotacyjnego. Łupek cechsztyński pochodzący z tego złoża jak wykazały badania flotometryczne jest hydrofilny, ponieważ nie flotuje w obecności wody destylowanej w celce Hallimonda (Drzymała i Bigoński, 1995). W wielu pracach wykazano jednak, że ulega on flotacji po zastosowaniu wybranych speniaczy (Szyszka i in., 2014a; Szyszka i in., 2014b; Szyszka i in., 2015; Kowalczuk i in., 2014; Witecki i in., 2014).

Bazując na informacjach pochodzących z Zakładów Wzbogacania Rud, KGHM Polska Miedź S.A. wiadomo, że zawartość rudy łupkowej, kierowanej do procesu flotacji jest różna.

Przykładowo w ZWR Rudna zawartość rudy łupkowej w nadawie wynosi 5,5 %, natomiast w ZWR Lubin – 8,1 % (Bakalarz, 2014).

Celem pracy było zbadanie wpływu odczynników z grupy amin na kinetykę oraz wydajność procesu flotacji łupka miedzionośnego. Badania przeprowadzono z użyciem takich amin jak: butyloamina, pentyloamina i heksyloamina. Wykonane badania stanowiły podstawę do rozważań na temat przydatności wybranych związków w procesie flotacji, sposobu ich działania oraz wydajności przeprowadzonych procesów.

## MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Badaniu poddano łupek miedzionośny pochodzący z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), eksploatowany przez KGHM Polska Miedź S.A. Łupek miedzionośny został poddany kruszeniu na kruszarce szczegółowej typu LAB-01-65, a następnie materiał kierowano do dezintegratora. W ostatnim etapie przygotowania łupka miedzionośnego do flotacji całość materiału przesiano przez sito o oczkach 0,1 mm (Bacia, 2015).

Rozdrobniony materiał poddano flotacji w laboratoryjnej maszynie typu mechanicznego Mechanobr (MM). Wszystkie eksperymenty flotacyjne przeprowadzono w celce o pojemności 0,25 dm<sup>3</sup> przy obrotach wirnika 670 obr./min i przepływie powietrza 87 dm<sup>3</sup>/h. Badania prowadzono przy użyciu trzech amin występujących po sobie w szeregu homologicznym. Były to odczynniki takie jak butyloamina o wzorze chemicznym C<sub>4</sub>H<sub>11</sub>N, pentyloamina C<sub>6</sub>H<sub>15</sub>N, oraz heksyloamina, której zwór sumaryczny to C<sub>6</sub>H<sub>15</sub>N. W zależności od charakterystyki przebiegu procesu w sytuacji, w której zauważono, że flotacja była mało efektywna zwiększano stężenie danego odczynnika. Natomiast w momencie gdy flotacja przebiegała zbyt gwałtownie stężenie odczynnika zmniejszano o określoną ilość. W tabeli 1. zestawiono wszystkie przebadane stężenia zastosowanych odczynników (Bacia, 2015).

Poszczególne produkty flotacji były zbierane odpowiednio po upływie 1 min pierwszy koncentrat następnie przez 4 min drugi koncentrat i odpowiednio przez 5 min i 7 min był zbierany trzeci i czwarty koncentrat. W trakcie flotacji uzupełniano ubytki cieczy w celce flotacyjnej przygotowanym wcześniej roztworem spieniacza o danym stężeniu.

Otrzymane produkty flotacji suszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 105 °C przez 24 godziny. Po wysuszeniu wszystkie produkty zważono na wadze technicznej o dokładności 0,1 g. Na podstawie otrzymanych wyników policzono bilanse flotacji łupka miedzionośnego.

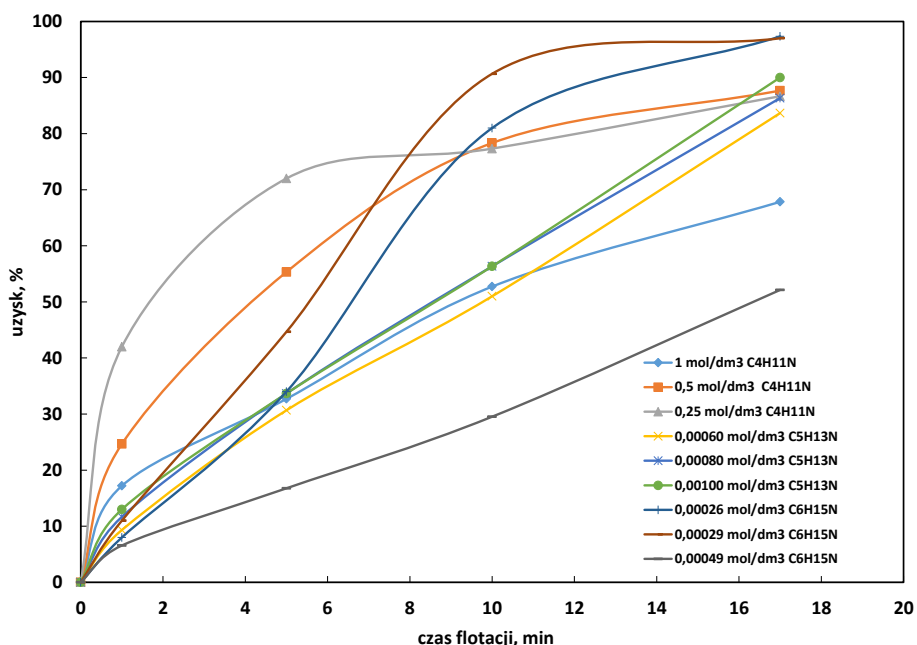
Tabela 1.  
Zestawienie stężeń amin użytych do flotacji łupka miedzionośnego

Odczynnik	Masa molowa g/mol	Stężenie		
		g/Mg	g/dm <sup>3</sup>	mol/dm <sup>3</sup>
Butyloamina C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> N	73,14	91 425	18,28	0,25
		182 850	36,57	0,50
		365 700	73,14	1,00
		731 400	148,28	2,00
Pentyloamina C <sub>5</sub> H <sub>13</sub> N	87,16	250	0,05	0,0006
		350	0,07	0,0008
		450	0,09	0,0010
		650	0,13	0,0015
Heksyloamina C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> N	101,19	133	0,026	0,00026
		150	0,029	0,00029
		350	0,069	0,00069

## WYNIKI I DYSKUSJA BADAŃ

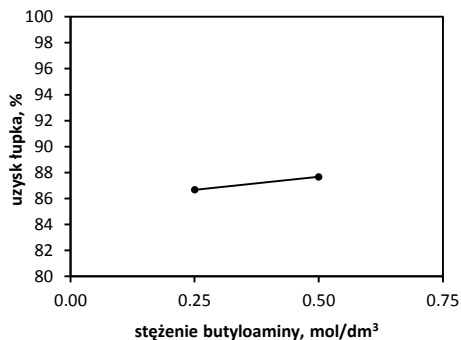
Rysunek 1 przedstawia zebrane wszystkie wyniki flotacji dla badanych amin. Analizując wykresy oraz wcześniej sporządzone tabele można zauważyć, że największe uzyski zostały osiągnięto przy flotacji w obecności heksyloaminy przy stężeniach 0,00026, 0,00029 mol/dm<sup>3</sup>. Stosunkowo wysokie uzyski zanotowano dla pentyloaminy przy stężeniach 0,00060, 0,00080, 0,00100 mol/dm<sup>3</sup> i butyloaminy przy stężeniach 0,25, 0,5 mol/dm<sup>3</sup>. W tych przypadkach można było zauważyć tendencję wzrostową uzysków, wraz ze wzrostem stężenia badanego odczynnika (rys. 2-4). Pierwszym wnioskiem jaki nasuwa się, to fakt, że aminy wyższych rzędów przy zastosowaniu niższych stężeń dają bardzo wysokie uzyski. Natomiast wyższe stężenia skracają czas flotacji i powodują wyflotowanie całości materiału, łącznie z ziarnami skały płonnej. Fuerstenau i in. (1964), pokazali, że uzysk (kwarcu) w przypadku amin zależy od zastosowanego stężenia i długości łańcucha. Autorzy udowodnili, że im dłuższy jest rodnik węglowodorowy aminy, tym flotacja minerału następuje przy niższym stężeniu. Cenną informacją jaką uzyskuje się analizując wyniki otrzymane w tej pracy jest to, że butyloamina, pentyloamina i heksyloamina dają wysokie uzyski odpowiednio 87, 90, 97% przy stężeniach 0,25, 0,001, 0,00026 mol/dm<sup>3</sup>.

W procesie technologicznym, gdzie spieniacze stosowane są na dużo większą skalę niż w warunkach laboratoryjnych, ilość stosowanego odczynnika ma ogromne znaczenie. Ważne jest aby stosowany we flotacji odczynnik spieniający, przy zastosowaniu jak najmniejszej ilości, pozwalał na uzyskanie możliwie najwyższych uzysków.



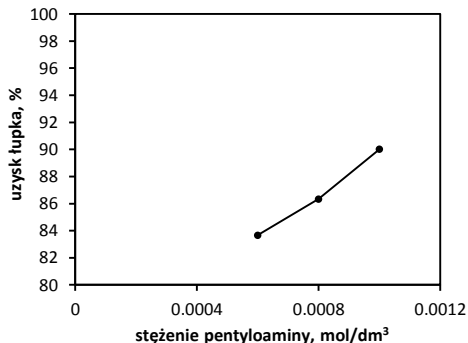
Rysunek 1.

Uzysk łupka miedzionożnego w czasie dla badanych amin przy różnych stężeniach



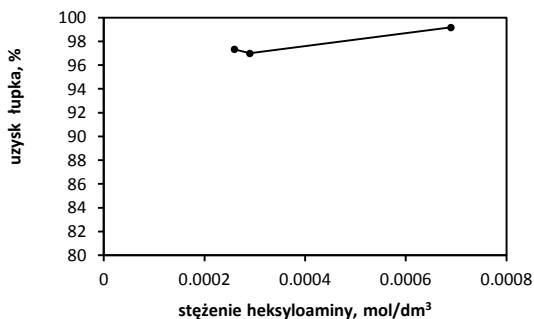
Rysunek 2.

Wpływ stężenia butyloaminy na maksymalny uzysk łupka miedzionośnego



Rysunek 3.

Wpływ stężenia pentyloaminy na maksymalny uzysk łupka miedzionośnego



Rysunek 4.

Wpływ stężenia heksyloaminy na maksymalny uzysk łupka miedzionośnego

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy zbadano wpływ stężenia zastosowanych amin butyloaminy, pentyloaminy oraz heksyloaminy na uzysk łupka miedzionośnego. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń oraz analizy uzyskanych wyników wykazano, że uzysk oraz szybkość procesu flotacji łupka miedzionośnego są zależne od dawki zastosowanego speniacza.

Zaobserwowano, że jakość piany wynoszącej ziarna mineralne jest zależna od stężenia odczynnika speniającego. Im wyższe stężenie speniacza tym bardziej obfita, gęsta i stabilna piana. Wraz ze zmniejszaniem stężenia odczynnika speniającego piana była mniej trwała i szybko ulegała zniszczeniu.

Zastosowanie związków chemicznych z grupy amin jako speniaczy, pozwoliło na otrzymanie wysokich wychodów. Zauważono tendencję wzrostową wychodów, wraz ze wzrostem stężenia odczynnika speniającego.

Otrzymane wyniki i przeprowadzone obserwacje wskazują na to, że możliwy jest rozdział ziarn mineralnych od ziarn skały płonnej przy zastosowaniu odpowiednich dawek speniaczy bez użycia kolektorów. Widać również, że zastosowanie niewielkich stężeń badanych odczynników pozwala na uzyskanie dużych uzysków.

Podsumowując użyte odczynniki z grupy amin, mogą być sklasyfikowane jako spieniacze do procesu flotacji, ponieważ przy zastosowaniu odpowiednich dawek powodują utworzenie stabilnej piany, pozwalają na uzyskanie dużych uzysków łupka

## PODZIĘKOWANIA

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

## LITERATURA

- BACIA A., 2015. *Właściwości i selekcja spieniaczy flotacyjnych dla podwyższenia wskaźników wzbogacania w obecności łupka miedzionośnego*. Praca dyplomowa inżynierska, opiekun D. Szyszka, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.
- BAKALARZ A., 2014. *Charakterystyka chemiczna i mineralogiczna wybranych łupków pochodzących z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*. Łupek miedzionośny, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska, Wrocław, s.13-18
- DRZYMAŁA J., 2007. *Mineral Processing Foundations of theory and practice of minerallurgy*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław
- DRZYMAŁA J., BIGOŚIŃSKI J., 1995. *Collectorless flotation of sulfides occurring in the Fore-Sudetic copper minerals deposit of SW Poland*. Mineralogia Polonica, 26(1), 63-73.
- FUERSTENAU D.W., HEALY T.W., SOMASUNDARAN P., 1964. *The role of the hydrocarbon chain of alkyl collectors in flotation*. Trans. AIME, 229, 321-323.
- KIJEWSKI P., LESZCZYŃSKI R., 2010. *Węgiel organiczny w rudach miedzi – znaczenie i problemy*. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN nr 79, s. 131-146.
- KOWALCZUK P.B., 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), 835–840.
- PACTWA K., 2012. *Geomorfologiczne i geochemiczne uwarunkowania mineralizacji złoża LGOM*. Przegląd Górniczy, T.68, nr 3, s.158-163
- SZYSZKA D., SIWIAK M., KOWALCZUK P.B., 2014a. *Kinetyka flotacji łupka miedzionośnego za pomocą eteru butylo-trójpropylenoglikolowego (C4P3)*. Łupek miedzionośny, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska, Wrocław, s. 65-69.
- SZYSZKA D., PAŹIK P., ZWIERZCHOWSKA A., 2014b. *Flotacja łupka miedzionośnego w obecności eterów butylowo-etylenoglikolowego i butylowo-dwuetylenoglikolowego*. Łupek miedzionośny, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska, Wrocław,, 103-106.
- SZYSZKA, D., SZCZEPAŃSKI W., 2015. *Contact angle of copper-bearing shales using the sessile drop and captive bubble methods in the presence of selected frothers*. Mining Science, 22. 183-191.
- WILLS, B., NAPIER-MUNN, T., 2006. *Mineral Processing Technology*. Elsevier Science & Technology Books.