

Piotr KLJEWSKI *,
Stanisław DOWNOROWICZ **

ODPADY POFLOTACYJNE RUDY MIEDZI JAKO POTENCJALNA REZERWA SUROWCOWA

W trakcie mechanicznej przeróbki rudy miedzi powstają znaczne ilości odpadów poflotacyjnych, które stanowią około 94% przerabianej rudy. Odpady te zawierają znaczne ilości miedzi i mogą stanowić poważne jej źródło. Miedź oraz inne metale koncentrują się głównie w frakcji piaszczystej i pylastej w ilości od 0,2 do 0,86% Cu. Proces utleniania odpadów deponowanych w odpowiednich zbiornikach obejmuje górną warstwę o miąższości około 3 m. Odpowiednio składowane odpady mogą stanowić rezerwę surowcową miedzi.

1. Wstęp

Odpady poflotacyjne powstające w trakcie przeróbki i wzbogacania rudy miedzi zawierają znaczne ilości miedzi, srebra i innych metali oraz związków chemicznych. Odpady te, deponowane w zbiornikach "Gilów" i "Żelazny Most" tworzą podwyższone koncentracje mogące mieć w przyszłości znaczenie jako wtórne źródło miedzi. Pod tym kątem autorzy realizują program badawczy, aby na przykładzie zbiornika "Gilów" określić zawartość i przestrzenne rozmieszczenie metali w zależności od składu mineralnego i uziarnienia odpadów powstałych w trakcie mechanicznej przeróbki rudy miedzi.

Wykonane wcześniej badania dotyczyły głównie optymalnego składowania odpadów [3], wykorzystania ich do produkcji materiałów budowlanych, do celów rolniczych, jako materiału podsadzkowego [2] oraz możliwości

* ZBiPM "Cuprum", 50-951 Wrocław.

** KGHM, 59-300 Lubin.

odzysku miedzi [1,4]. Do tych badań wykorzystano odpady zlokalizowane w sąsiedztwie zapory i górną ich warstwę o miąższości od 2 do 4,5 m, co pozwoliło tylko na wstępną ocenę jakościową. Stwierdzono ponadto, że tradycyjne technologie odzysku metali stosowane dla rudy miedzi nie są skuteczne w zastosowaniu do odpadów. Biorąc pod uwagę ilość zgromadzonych w LGOM odpadów mogą one w przyszłości stanowić poważny rezerwuár miedzi oraz prawdopodobnie innych metali.

Zestawienie ilościowe wydobytej rudy miedzi i zgromadzonych odpadów do 1986 r.

Zakład	Okres produkcji, lata	Wydobycie rudy, mln Mg	Ilość wytworzonych odpadów, mln m ³
"Lena"	1950-73	14,468	7,914
"Konrad"	od 1953	35,897	19,637
"Nowy Kościół"	1954-67	4,328	2,367
"Lubin"	od 1965	103,744	56,754
"Polkowice"	od 1965	102,808	56,242
"Rudna"	od 1971	106,447	58,232
"Sieroszowice"	od 1978	12,915	7,065
Razem w latach	1953-1986	380,607	208,213

2. Charakterystyka odpadów

W zbiorniku "Gilów" zdeponowane są odpady poflotacyjne, powstałe w procesie przeróbki rudy miedzi pochodzącej z ZG Lubin, ZG Polkowice a także w niewielkiej ilości z ZG Rudna. Odpady te stanowią około 94% przerabianej rudy. Zawartość metali w odpadach zależy między innymi od rodzaju rudy, form występowania metali, uziarnienie minerałów rudnych a także od technologii przeróbki. Ilość odpadów poflotacyjnych w zbiorniku "Gilów" ocenia się na 91,85 mln Mg z czego 56,3% przypada na odpady z kopalni "Lubin", 31,2% z kopalni "Polkowice" oraz 12,5% z kopalni "Rudna".

Miąższość odpadów w zbiorniku "Gilów" jest zróżnicowana sięgając do 22,0 m a przeciętnie wynosi około 15 m. W części NW zbiornika ma miejsce obniżenie miąższości odpadów w części środkowej i południowej obserwuje się wzrost miąższości.

Podstawowymi składnikami odpadów poflotacyjnych są rozdrobnione fragmenty poszczególnych rodzajów rudy i wydzielone w procesie mielenia

minerały, głównie; kwarc, dolomit, kalcyt, a także podrzędne ilości minerałów kruszczowych, minerałów ilastych, skalenie, anhydryt, gips, beryt. Zawartość kwarcu zmienia się w poszczególnych partiach zbiornika jak i w profilu pionowym waha się od 14 do 85%. Fragmenty skał węglanowych reprezentowane są w ilości od 5 do 30% a łupków miedzionośnych od 1 do 15%. Znacznie zróżnicowana jest także zawartość minerałów kruszczowych dochodząca do 1,6%. Wśród minerałów tych przeważa chalkopiryt i chalkozyn w znacznie mniejszej ilości występuje bornit i piryt, podrzędnie reprezentowane są: kowelin, digenit, markasyt i sfaleryt. Minerały kruszczowe związane są głównie z gruboziarnistymi okruchami rudy łupkowej i dolomitowej. W frakcji pylastej minerały te występują w postaci pyłu rudnego rozproszonego pośród składników płonnych.

Zróżnicowanie litologiczne rudy miedzi oraz jej zmienna odporność na rozdrabnianie, powoduje znaczne rozbieżności uziarnieniu odpadów poflotacyjnych. Ponadto w procesie ich składowania następuje dalsze różnicowanie uziarnienia deponowanego minerału. W zbiorniku "Gilów" wydzielić można dwa obszary, różniące się znacznie składem mineralnym i uziarnieniem. Obszar wschodni, gdzie deponowane były głównie odpady bardziej gruboziarniste pochodzące z kopalni "Lubin" oraz obszar środkowy i zachodni, gdzie deponowane były odpady z kopalni "Polkowice" a częściowo z kopalni "Rudna". W odpadach lubińskich średni rozmiar ziarn w poszczególnych profilach badawczych wynosi od 0,106 do 0,150 mm a domieszka frakcji pylastej waha się od 5 do 25%. W rejonie składowania odpadów z ZG "Polkowice" uziarnienie materiału jest drobniejsze. Średni rozmiar ziarn w poszczególnych profilach badawczych wynosi od 0,044 do 0,106 mm, a udział frakcji pylastej od 25 do 60%.

W uziarnieniu odpadów zaznacza się wzrost ilości frakcji pylastej w miarę oddalania się od punktów zrzutu odpadów do centrum zbiornika. Zmiany te są stosunkowo szybkie i na odcinku około 200 m zawartość frakcji powyżej 0,1 mm maleje od 25 do 65%. Niewielkie zmiany zachodzą natomiast w profilu pionowym. Przykładowo współczynnik zmienności frakcji 0,1 mm w ponad trzydziestu profilach badawczych waha się od 6,5 do 47%.

3. Zawartość metali w odpadach

W zakończonym etapie badań odpadów poflotacyjnych wykonano 54 wiercenia i pobrano 785 próbek z jednometrowych interwałów, w których oznaczono zawartość Cu, CuO, i Ag. W 60 próbkach oznaczono Pb, Co, Ni. W natomiast w 54 próbkach zawartość Au, Pt, i Pd. Pozwala to na stosunkowo dokładną ocenę jakości odpadów ze zbiornika "Gilów" pod względem

złożowym [5,6].

Podobnie jak w przypadku uziarnienia stwierdzono wyraźną, chociaż niewielką różnicę w zawartości Cu i Ag odpadów z kopalni "Lubin oraz "Polkowice". W tym przypadku odpady z kopalni "Polkowice" wykazują wzrost zawartości Cu a także Ag mimo znacznie wyższej zawartości Ag w rudzie kopalni "Lubin".

Ilościowy udział miedzi i srebra różnicuje się także w miarę zwiększania odległości od miejsca zrzutu odpadów oraz w zależności od ich uziarnienia. Zawartość Cu wśród analizowanych próbek waha się od 0,12 do 0,79% i wynosi średnio 0,25% w obszarze składowania odpadów z kopalni "Lubin" oraz 0,27% z kopalni "Polkowice". W pasie odpadów zalegających w sąsiedztwie ich zrzutu zawartość Cu wynosi średnio 0,31 %, a następnie maleje do 0,2%.

Zawartość Cu i Ag w odpadach poflotacyjnych zmienia się w zależności od uziarnienia. Aby udokumentować te zależności wykonano oznaczenia miedzi i srebra w wybranych frakcjach ziarnowych; powyżej 0,2 mm, od 0,2 do 0,06 mm i poniżej 0,06 mm. Stwierdzono, że koncentracja tych meta-

Tabela 2

Zawartość Cu i Ag w poszczególnych frakcjach odpadów poflotacyjnych

Symbol profilu	Fracja w mm	Zawartość min-max	Średnia zawartość	Średnia w profilu	Wsp. zmienności w %
		Cu w % Ag w ppm	Cu w % Ag w ppm	Cu w % Ag w ppm	Cu Ag
V-1/1A	pow. 02	0,35-0,51 11,0-30,0	0,4 18,0	0,30 10,0	12,5 26,7
	0,2-0,06	0,13-0,25 5,0-11,0	0,176 8,0		17,0 20,0
	pow. 0,06	0,28-0,67 11,0-25,0	0,498 17,2		38,2 23,8
V-2/2A		0,28-0,86 11,0-27,0	0,47 20,4	0,25 11,6	17,0 18,6
	0,2-0,06	0,13-0,28 5,0-11,0	0,19 8,3		21,1 14,5
	0,06	0,19-0,50 10,0-18,0	0,34 14,0		23,5 17,8
V-3/3A	0,2	0,28-0,61 12,0-25,0	0,39 16,4	0,22 8,33	20,5 20,7
	0,2-0,06	0,14-0,24 5,0-10,0	0,18 6,6		11,1 19,3
		0,21-0,43 10,0-15,0	0,29 12,6		26,3 13,5

li skupia się w najgrubszej i najdrobniejszej frakcji (tab. 2). Zawartość Cu i Ag w tych frakcjach przekracza średnią zawartość w próbce a ponadto zarejestrowano w nich maksymalne ilości Cu sięgające 0,86% Cu oraz 30,4 ppm Ag.

Zwraca także uwagę fakt znikomej zmienności zawartości Cu i Ag w profilu pionowym oraz w poszczególnych profilach badawczych co wskazuje na uśrednianie materiału odpadowego w procesie jego składowania.

Wśród innych składników odpadów poflotacyjnych zawartość ołowiu waha się od 0,03 do 0,05%, kobaltu od 11 do 25,5 ppm, niklu od 18 do 38 ppm oraz wanadu do 160 ppm.

Odpady poflotacyjne nie wykazują zwiększonej ilości miedzi utlenionej. Zawartość CuO waha się od 0,05 do 0,1% przy średniej 0,07 %. Podwyższoną ilość CuO stwierdzono w stropowej części odpadów w warstwie o grubości do 3 m, co oznacza, że procesy utleniania odpadów zachodzą w ograniczonym stopniu.

Charakteryzując odpady poflotacyjne pod względem zawartości metali zwróciliśmy uwagę także na występowanie metali szlachetnych. Istnieje w tej kwestii duża rozbieżność poglądów, sądzi się, że w procesie flotacji złoto i platynowce w niewielkim tylko stopniu przechodzą do koncentratu. Uzyskane wyniki z 54 próbek pochodzących z profilu o przeciętnej zawartości Cu i Ag nie rozstrzygnęły w pełni tego zagadnienia.

Tablica 3

Zawartość Au, Pd i Pt w odpadach poflotacyjnych w zbiorniku "Gilów"

Symbol profilu badawczego	Pierwianek	Ilość próbek	Zawartość w ppm		Współczynnik zmienności %
			min-max	średnia	
V-1/1A	Au	14	0,01-0,063	0,034	85,3
V-2/2A		19	0,00-0,051	0,019	78,9
V-3/3A		21	0,002-0-097	0,023	91,3
V-1/1A	Pd	14	0,001-0,051	0,012	108,3
V-2/2A		19	0,00- 0,043	0,015	86,7
V-3/3A		21	0,00- 0,078	0,016	112,5
V-1/1A	Pt	14	0,00-0,027	0,016	131,2
V-2/2A		19	0,00-0,013	0,006	83,3
V-3/3A		21	0,00-0,023	0,010	60,0

Uśrednione zawartości złota wahają się w trzech badanych profilach (tabl. 3) od 0,019 ppm do 0,034 ppm. Na znacznie niższym poziomie kształtuje się zawartość platyny i palladu. Uzyskane wyniki można uznać

za reprezentatywne dla odpadów z przewagą frakcji piaszczystej. Otwarty jest natomiast problem obecności metali szlachetnych w centralnej części zbiornika odpadów gdzie przeważa frakcja pyłowa. Odpady te zostały opróbowane w licznych profilach aż do dna zbiornika, nie są natomiast zakończone badania laboratoryjne.

Uogólniając uzyskane wyniki można stwierdzić, że odpady poflotacyjne rudy miedzi można uznać za niskoprocentowe źródło pochodzenia wtórnego oraz zakwalifikować jako potencjalną rezerwę surowcową.

Wnioski

1. Odpady poflotacyjne wykazują w fazie składowania naturalną selekcję pod względem składu, uziarnienia oraz zawartości miedzi. Partie położone w sąsiedztwie punktów zrzutu reprezentowane są w przewodzie przez frakcje grubsze z obecnością licznych minerałów kruszcowych. Centralną część zbiornika reprezentują osady pylaste i drobnodziarniste gdzie kruszce występują w postaci drobnodyspersyjnej.
2. Zawartość miedzi, częściowo także srebra i innych metali wskazuje na to, że odpady poflotacyjne można uznać za wtórne nagromadzenie o charakterze ubogich złóż okruskowych. Obecnie nagromadzenia te nie kwalifikują się do wykorzystania między innymi z powodu słabej efektywności procesów technologicznych nie pozwalających na zadowalający odzysk składników użytecznych.
3. Odpady poflotacyjne powstałe w trakcie przerobu rud miedzi mogą stanowić rezerwę surowcową dla przemysłu miedziowego. Wykorzystanie ich wymaga opracowania nowych efektywnych technologii odzysku metali, dostosowanych do parametrów jakościowych odpadów.

Literatura

1. Nowakowska B., Downorowicz St., Geochemiczne i hydrotechniczne uwarunkowania wtórnej eksploatacji odpadów poflotacyjnych pod kątem odzysku metali. Konf. Nauk.-Tech. "Racjonalna gospodarka i ochrona zasobów surowców, w przemyśle miedziowym". Lubin, 1984, sekcja III.
2. Woźniakowski B., Aktualne możliwości wykorzystania odpadów flotacyjnych przemysłu miedziowego. "Cuprum" nr 3, 1979.
3. Badania warunków sedymentacji i rozwarstwienia odpadów w zbiorniku Gilów wraz z uogólnieniem wyników badań dla potrzeb praktyki. Etap I - Wyniki badań prowadzonych w latach 1972-1973 wraz z wytycznymi optymalnego składowania odpadów.

- Етап II - Wyniki badań prowadzonych w latach 1974-1975. Opracowanie Akademii Rolniczej, Instytut Budownictwa Wodnego i Ziarnego, Wrocław 1976.
4. Określenie możliwości odzysku miedzi z odpadów poфлотacyjnych. Praca ZD Lubin, 1977.
 5. Ocena jakości odpadów poфлотacyjnych w zbiorniku osadowym "Gilów". Praca ZBiPM "Cuprum", 1985.
 6. Ocena zasobów miedzi i srebra w odpadach poфлотacyjnych jako rezerwa surowcowej zdeponowanej w zbiorniku "Gilów". Praca ZBiPM "Cuprum", 1986.

ABSTRACT

Kijewski P., Downorowicz S., 1987. Flotation tailings of copper ore as a possible raw material reserve. Physicochem. Probl. Miner. Process., 19; 205-211 (polish text).

In the processing of the copper ore from LGOM (Lubin-Glogow Copper District), a huge amount of tailing is generated. The tailing contains not only nonvaluable minerals but also chalcopyrite, chalcocite, bornite, pyrite, digenite, covellite and sphalerite. The copper content in the tailing is from 0.12 to 0.86%. The elevated concentration of copper and silver in the sandy and dusty fractions of the tailing indicate that the flotation tailings may be regarded as a low grade copper raw material of anthropogenical origin.

СОДЕРЖАНИЕ

П.Киевски, С.Довнорович, 1987. Последфлотационные хвосты руды меди из ЛГОМ в качестве резерва сырья. Физикохимические вопросы обогащения, 19; 187-193. 205-211.

Во время обогащения руды меди из области ЛГОМ образуется большое количество хвостов, которое хранится в соответственных резервуарах. Кроме компонентов пустой породы, эти хвосты содержат рудные минералы, в основном халькопирит и халькозин, а также борнит, пирит, дигенит, ковеллит и сфалерит. Содержание меди в пробах отходов колеблется от 0,12 до 0,86%. Повышенное содержание меди, а также серебра определено в пылевой и пылюстой фракциях. Последфлотационные хвостохранилища можно отнести к бедным залежам антропогенического происхождения.