

Andrzej JAROSIŃSKI, Politechnika Krakowska
Bogusław WŁODARCZYK, ZG „Trzebionka”

AKTUALNE KIERUNKI POZYSKIWANIA KONCENTRATÓW CYNKU I OŁOWIU W WARUNKACH KRAJOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono aktualne aspekty pozyskiwania koncentratów przez krajowe kopalnie i zakłady przeróbki rud cynku i ołowiu. Omówiono i porównano technologiczne zagadnienia wzbogacania tych rud. Przedstawiono krajową bazę surowcową cynku i ołowiu na tle zasobów światowych. Opisano proces odmagnezowania blendy zastosowany w ZG „Trzebionka” S.A., wpływający na poprawę jakości koncentratu Zn i konkurencyjność na rynku. Przedstawiono problem odpadów poflotacyjnych oraz sposoby ich gospodarczego wykorzystania, wpływające na poprawę w zakresie ochrony środowiska.

CURRENT DIRECTIONS OF ZINC AND LEAD CONCENTRATES WINNING IN POLISH CONDITIONS

Summary. The article treats about current aspects of gaining the concentrates by national mines and plants of treating zinc and lead ores. Technological issues of enriching the ores were discussed and compared. Polish raw material base of zinc and lead were described additionally against the background of world resources. The process of magnesia leaching used at Trzebionka S.A. mine was presented together with its improving effects on the quality of zinc concentrate and competitive advantages on the market. The problem of flotation tailings was raised as well as economic utilization which improves environment protection.

1. Wstęp

Jednym z zasadniczych elementów procesu technologicznego, określającym stopień opłacalności procesu, jak i jakość produktu finalnego, jest skład mineralno-chemiczny surowca. Z tych też względów w miejscach wydobywania surowców mineralnych w praktyce coraz częściej buduje się zakłady wzbogacania rud, w których stosowane są kompleksowe metody rozdziału minerałów. Przykładem takiego postępowania jest pozyskiwanie

koncentratów cynku i ołowiu, głównie z siarczkowych rud, metodą flotacyjną, zazwyczaj poprzedzoną metodą grawitacyjną, niekiedy uzupełnianą metodami chemicznymi – usuwanie magnezu.

Krajowe rudy cynku i ołowiu należą do surowców trudno wzbogacalnych, dlatego też dla zapewnienia odpowiedniej efektywności procesu istnieje potrzeba uwzględnienia zmiany charakterystyki mineralno-chemicznej rudy. Ogólnie zakłada się, że przy cenie powyżej 1000 USD za tonę cynku pozyskiwanie koncentratów cynku jest ekonomicznie uzasadnione. Spełnienie tego warunku jest stosunkowo łatwe, w przypadku gdy zawartość cynku w rudzie wynosi co najmniej 5%. Z praktyki przemysłowej wynika, że w wielu zakładach przeróbki rud cynku i ołowiu wzbogaca się ruda uboższe. Przykładem są krajowe zakłady wzbogacania rud cynku i ołowiu. Istotnym zagadnieniem związanym z przeróbką tych surowców jest optymalny dobór parametrów procesu do aktualnie przerabianej rudy, jak i ochrona środowiska. Względy ekonomiczne wymuszają na krajowych producentach koncentratów cynku i ołowiu poprawę efektywności zasadniczo na drodze bezinwestycyjnej.

W pracy skoncentrowano się zarówno na porównaniu technologii wzbogacania rud cynku i ołowiu w kraju, jak i na zagadnieniach wykorzystania odpadów powstających w procesach pozyskiwania tych koncentratów.

2. Baza surowcowa

W świecie znanych jest około 1000 złóż rud cynku, a łączne zasoby szacowane są na 190 mln ton cynku zawartego w rudzie [1]. Prawie 40 % tych zasobów przypada na Australię i Chiny. W większości rudy cynku mają charakter związków polimetalicznych, które występują w takich typach złóż, jak: wulkaniczne masywnych siarczków, wulkaniczno-osadowe polimetalicznych rud pirytowych czy stratoidalne rud Zn-Pb.

W kraju źródłem pozyskiwania cynku są stratoidalne złoża siarczkowych rud cynku i ołowiu w dolomitach triasowych Zagłębia Śląsko-Krakowskiego o zasobach bilansowych 7,0 mln ton cynku. Występują one w 21 miejscach głównie w rejonie tarnogórskim, bytomskim, chrzanowskim, olkuskim i zawierciańskim. Złoża w rejonie Bytomia zostały zamknięte w roku 1989 ze względu na ich wyczerpanie. Obecnie eksploatowane są tylko dwa z nich: Olkusz i Pomorzany należące do ZGH „Bolesław” oraz ZG „Trzebionka” S.A. Stanowią one 23% łącznych zasobów rud Zn-Pb. Zdolność wydobywcza tych zakładów

wynosi 5 mln ton/rok, z czego 56% przypada na ZGH „Bolesław”, a 44% na ZG „Trzebieńka” S.A. [1,2].

Średnie zawartości tych metali w kopalinach pochodzących z ZG. „Trzebieńka” wynoszą 3,0- 3,3% Zn i 1,32 do 1,67 % Pb, natomiast ZGH „Bolesław” odpowiednio 4,0-4,2% Zn i 1,45-1,69% Pb.

Zasoby cynku w rejonie Zawiercia nie są do chwili obecnej zagospodarowane i stanowią perspektywiczną bazę surowcową cechującą się względnie wysokimi zawartościami cynku i ołowiu, odpowiednio 4,92% i 1,98%. W złożach tych występują rudy siarczkowe, jak i galmanowe.

Za dodatkowe źródło surowca cynkonośnego należy uważać odpady znajdujące się na zwałowiskach w rejonie Bytomia. Ilość tych odpadów jest szacowana na 24 mln ton o średniej zawartości 3,1 %Zn i 0,6%Pb.

Dalszy rozwój i rentowność pozyskiwania koncentratów cynku jest uwarunkowana obniżeniem kosztów jednostkowych produkcji oraz rozwiązaniem problemu zagospodarowania odpadów.

3. Krajowe technologie pozyskiwania koncentratów

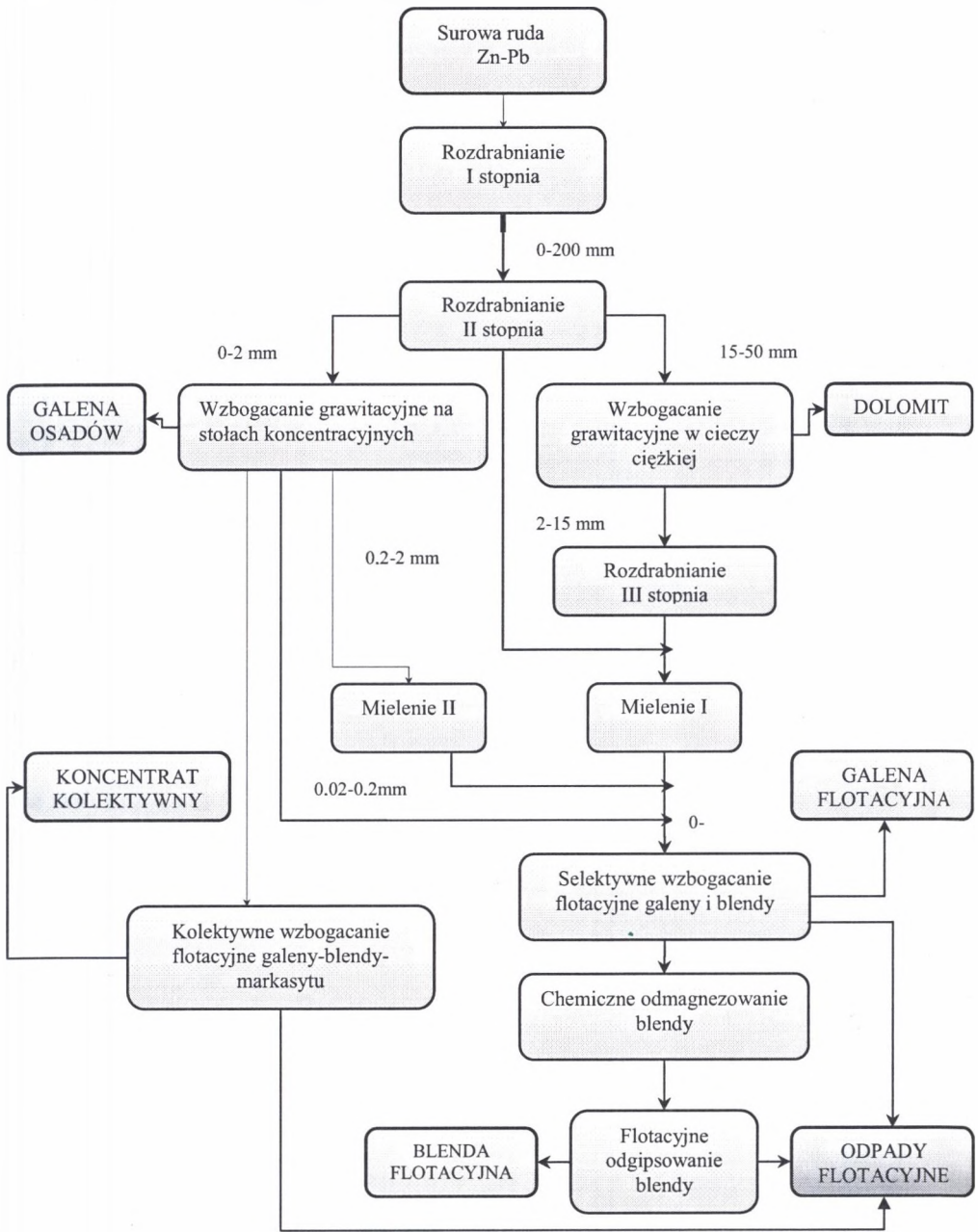
W krajowych zakładach przeróbki rud Zn-Pb wytwarzane są zarówno koncentraty selektywne, jak i kolektywne. Przykładowo na rysunku 1 zamieszczono schemat ideowy pozyskiwania koncentratów w ZG „Trzebieńka” S.A. W krajowych zakładach układy technologiczne są rozbudowane i składają się ze wzbogacania grawitacyjnego, jak i flotacyjnego, co potwierdza przedstawiony schemat technologiczny. Stosowanie wstępnego wzbogacania jest uzasadnione z technologiczno-ekonomicznego punktu widzenia, ponieważ zezwala na wydzielenie produktu dolomitowego i tym samym na odciążenie energochłonnego procesu przygotowania nadawy do flotacji (mielenie). Z tych też względów zastosowanie wstępnego wzbogacania rud Zn-Pb w cieczach ciężkich w sposób istotny wpływa na poprawę ekonomiki procesu przerobczego.

W tabeli 1 zostały przedstawione różnice w procesach technologicznych wzbogacania siarczkowych rud Zn-Pb stosowanych w ZG. „Trzebieńka” i ZGH „Bolesław”. W ZG „Trzebieńka” oprócz podstawowych koncentratów galeny i blendy pozyskiwanych drogą selektywnego wzbogacania flotacyjnego, otrzymuje się na drodze flotacji produkt

uboczny tzw. koncentrat kolektywny Zn-Pb-Fe o zawartości 35-45% Zn, 15-20% Pb i 5-10% Fe. Nadawę do flotacji kolektywnej stanowi mieszanina międzyoperacyjnych półproduktów flotacji (produkty pianowe flotacji kontrolnej blendy) oraz szlamów pierwotnych rudy surowej (po zagęszczeniu w zagęszczaczach szlamowych Φ 15 m i hydrocyklonach Φ 200 mm). Do niedawna intensywność wykorzystania tych półproduktów i szlamów była mała ze względu na problemy z utrzymaniem odpowiednich parametrów jakościowych koncentratów selektywnych. Wprowadzenie systemu radiometrycznej analizy produktów flotacji usprawniło kontrolę procesu technologicznego, zwłaszcza w warunkach bardzo częstych zmian jakości rudy [2]. W konsekwencji rozwiązanie takie pozwoliło ograniczyć do minimum, a nawet wyeliminować skutki zakłóceń procesu. W tabeli 2 zamieszczono skład chemiczny nadawy, produktów oraz odpadów. Technologia taka została wdrożona w ZG „Trzebionka” S.A. jako jedna z pierwszych w świecie [3]. We wszystkich znanych w świecie rozwiązaniach stosowany jest jako czynnik ekstrakcyjny kwas siarkowy. Jednakże należy zaznaczyć, że procedura usuwania magnezu w ZG „Trzebionka” została dostosowana do wymogów lokalnych, co powoduje, że technologia ta jest unikalna w stosunku do innych rozwiązań technologicznych [3,4]. Taką kompleksową metodę wzbogacania rud Zn-Pb cechuje duża sprawność procesu. Proces odmagnezowania surowego koncentratu cynku składa się z następujących etapów:

- usuwania magnezu z koncentratu na drodze roztwarzania (ekstrakcji) kwasem siarkowym,
- dodatkowej operacji oczyszczania – flotacji odgipsowującej,
- filtracji i przemywania koncentratu na filtrach ciśnieniowych „LAROX” typu PT-32C1H.

Czas trwania cyklu w jednym reaktorze waha się w granicach 3,5-4,5 godzin w zależności od parametrów blendy flotacyjnej kierowanej do odmagnezowania oraz od czasu potrzebnego do wypełnienia i rozładowania reaktora. Proces przebiega w cyklu automatycznym pod kontrolą sterowników komputerowych. Procesowi temu towarzyszy wydzielanie dwutlenku węgla, który odprowadzany jest przez skrubler do komina. Do ekstrakcyjnego usuwania magnezu stosuje się kwas siarkowy o stężeniu 92% w porze zimowej, natomiast latem 96% H_2SO_4 . Ten tok postępowania zezwala na otrzymanie koncentratu o zawartości cynku na poziomie 60-62% przy zawartości $MgO < 0,3\%$, $CaO \sim 1,4\%$ i $Pb \sim 2,2\%$. Koncentraty takie są zdecydowanie bardziej konkurencyjne na rynku.



Rys. 1. Schemat ideowy przeróbki rud cynku i ołowiu w ZG „Trzebieńka” S.A.

Fig. 1. Schematic diagram of zinc and lead ores processing in ZG „Trzebieńka” S.A.

Zastosowanie filtrów typu „LAROX” usprawniło proces odwadniania koncentratu (zawartość $H_2O < 6,5\%$), a otrzymane koncentraty spełniają wymagania odnośnie do ich transportu.

Również zastosowanie filtrów ceramiczno-kapilarnych CC-15 produkcji fińskiej do filtracji koncentratu kolektywnego Zn-Pb-Fe, po uprzednim kondycjonowaniu z flokulantem Praestol –2540, przyczyniło się do podniesienia sprawności tego procesu.

W ZGH „Bolesław” otrzymuje się selektywne koncentraty blendy o zawartości 54,5 – 55% Zn oraz koncentraty kolektywne blendowo-galenowe – 47,5-49,4% Zn, 8,1-10,3% Pb. Uzysk cynku kształtuje się na poziomie 76%. Należy zaznaczyć, że ZGH „Bolesław” uzyskały certyfikat zarządzania jakością ISO 9002 w zakresie wytwarzania koncentratów cynku i ołowiu.

Tabela 1

Różnice w procesie technologicznym wzbogacania rudy Zn-Pb w ZG „Trzebionka” S.A. i w ZGH „Bolesław”

Proces technologiczny	ZG „Trzebionka” S.A. DWR	ZGH „Bolesław” WPM „Olkusz-Pomorzany”
Przesiewanie i rozdrabnianie rudy	Praktycznie bez różnic. Ruda o ziarnistości 0-700 mm kruszona jest na podszybiu poniżej 200 mm (I st. kruszenia), a następnie w Rozdrabialni R II do ziarnistości 50 mm (II st. kruszenia).	
Wstępne wzbogacanie rudy w cieczy ciężkiej zawiesinowej	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wzbogacaniu w c.c. zawiesinowej poddawana jest klasa ziarnowa 16-50 mm. 2. Klasa ziarnowa 0-2 mm kierowana jest do wzbogacania na stołach koncentracyjnych, gdzie uzyskuje się wysokiej jakości koncentrat galeny osadowej o zaw. 79% Pb 3. Odpady ze stołów koncentracyjnych poddawane są procesowi mielenia i klasyfikacji w Młynowni II 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wzbogacaniu w c.c. zawiesinowej poddawana jest klasa 20-50 mm 2. Ruda o ziarnistości <20 mm kierowana jest do operacji klasyfikacji i mielenia w Młynowni I 3. Szlamy popłuczkowe z OWG poddawane są klasyfikacji i mieleniu w młynach kulowych
Mielenie i klasyfikacja rudy	Różnice występują praktycznie tylko w typach maszyn i urządzeń. W DWR nie stosuje się młynów prętowych, jedynie kulowe	
Wzbogacanie flotacyjne	Bez istotnych różnic poza jakością koncentratów. Konc. gal. flot. ok. 72% Pb Konc. bl. flot.surowej ok. 54% Zn Konc. bl. flot. odgipsowanej ok. 61% Zn	Bez istotnych różnic poza jakością koncentratów. Konc. gal. flot. ok. 60-65% Pb Konc. bl. flot. ok. 50-55% Zn Stosowanie mlecza wapiennego do regulacji pH
Obróbka chemiczna surowego koncentratu blendy flotacyjnej	Ługowanie koncentratu ZnS stężonym kwasem siarkowym i w efekcie produkcja koncentratu ZnS o zawartości 60-62% oraz zawartości MgO poniżej 0,2%	Brak

Zastosowanie w krajowych technologicznych procesach przeróbki rud Zn-Pb w cieczach ciężkich pozwoliło na wytwarzanie dodatkowego produktu handlowego – dolomitu płukanego – odpadu po wzbogacaniu w cieczach ciężkich. Wyróżnia się dwa gatunki: tłuczeń o granulacji 25-50 mm i kliniec 25-15 mm. Produkty te są przeznaczone dla budownictwa i kolejnictwa.

Tabela 2

Zawartość ważniejszych składników w nadawie, koncentratów galenowych oraz blendy cynkowej i odpadów flotacyjnych i ze wzbogacania w cieczy ciężkiej

Lp.	Oznaczenie	Ruda	Galea		Blenda flotacyjna	Odpady	
			osadowa	flotacyjna		Flotacyjne	z cieczy ciężkiej
%							
1	Zn	3,29	2,52	2,16	61,5	0,57	0,71
2	ZnO	0,34	-	-	0,48	0,35	0,35
3	Pb	1,67	79,7	67,6	1,23	2,10	0,16
4	PbO	0,32	-	-	0,95	1,30	0,10
5	S	2,3	13,5	17,9	31,2	0,75	0,7
6	Fe	1,9	0,9	6,8	1,2	3,24	1,7
7	CaO	27,7	0,22	0,6	0,3	29,8	30,9
8	MgO	16,8	0,15	0,39	0,2	17,9	17,7
9	SiO ₂	1,4	0,35	0,26	0,40	1,6	0,7

4. Wymagania odbiorców dotyczące jakości koncentratów

Parametry jakościowe koncentratów są ustalane pomiędzy producentem a odbiorcą w trakcie negocjacji warunków zakupu. Na ich wartość ma wpływ nie tylko zawartość cynku, ale także zawartość składników towarzyszących, takich jak srebro czy złoto, oraz zawartość zanieczyszczeń wpływających negatywnie na dalszy proces przerobu koncentratów (np. As, Bi, Sb itp.). W zależności od zawartości wilgoci i składu granulometrycznego rozróżnia się trzy rodzaje sfalerytowych koncentratów flotacyjnych.

W przypadku koncentratów kolektywnych zazwyczaj o ich jakości decydują: minimalna zawartość cynku i ołowiu – $Zn + Pb > 55\%$, stosunek $Zn:Pb = 2:1$.

W razie wysyłanych koncentratów drogą morską, muszą one uzyskać atest wystawiony przez Wyższą Szkołę Morską w Gdyni, aktualizowany co pół roku, a w nim określoną granicę płynności i dopuszczalną transportową zawartość wilgoci. Próbkę przysłane z kopalni poddane są badaniu na granicę płynności, na którą wpływ mają m.in. mineralizacja i skład granulometryczny testowanego materiału. Jako dopuszczalną transportową zawartość wilgoci przyjmuje się 90% wartości granicy płynności dla każdego z koncentratów. Jeżeli

koncentrat opróbowany w porcie przed załadunkiem posiada niższą zawartość wilgoci niż dopuszczalna, to może być transportowany drogą morską, w przeciwnym wypadku kapitan statku nie wydaje pozwolenia na ładowanie.

Badania przeprowadza się według metody zalecanej przez Międzynarodową Organizację Morską (IMO), ujętej w Kodzie Bezpiecznego Przewozu Stałych Ładunków Masowych (zmodyfikowana metoda norweska „FLOW-TABLE”).

5. Problem odpadów

Prognozuje się zakończenie wydobycia rud cynku w ZG „Trzebionka” S.A. w 2008, natomiast „Olkusz-Pomorzany” w 2010-2015. Jest to spowodowane głównie stopniowym wyczerpywaniem się złóż. Niemniej o dalszym pozyskiwaniu koncentratów cynku i ołowiu decyduje także brak terenów pod składowanie odpadów poflotacyjnych. Z rudy powstaje co najmniej 57% odpadów poflotacyjnych. W ZG „Trzebionka” S.A. generowanych jest w skali roku około 1,2 mln ton, natomiast w ZGH „Bolesław” około 1,65 mln ton. Odpady te są kierowane na stawy osadowe. Według danych [5] ilość odpadów z górnictwa rud cynku i ołowiu zdeponowanych na zwałowiskach i stawach osadowych szacuje się na około 80 mln ton. Odpady poflotacyjne są tylko w niewielkim zakresie wykorzystywane do niwelacji terenów i umacniania nasypów stawów osadowych. Przedłużenie działalności ZG „Trzebionka” S.A. jest możliwe przy jednoczesnym zagospodarowaniu odpadów poflotacyjnych.

Składowisko w ZG „Trzebionka” zajmuje powierzchnię ok. 65 ha, natomiast w drugim zakładzie ok. 110 ha. Na składowiskach tych zdeponowano odpowiednio około 32 mln ton i 38 mln ton odpadów poflotacyjnych. Stanowią one zagrożenie dla środowiska nie tylko zajmując teren, ale także przez negatywne oddziaływanie. Ze względu na skład chemiczny tych odpadów oraz wysoką mineralizację wód nadosadowych, istnieją dwie możliwości zanieczyszczenia środowiska, głównie metalami ciężkimi, takimi jak cynk, ołów i kadm:

- pylenie z otwartej powierzchni suchych osadów poflotacyjnych,
- infiltracja zanieczyszczonych wód nadosadowych do wód gruntowych oraz do gleb poza obszarem stawów.

W celu ograniczenia zjawiska wtórnego ZG „Trzebionka” prowadzi lateksowanie wysuszonych plaż, przy użyciu preparatu Lateks LBS 3064 [7]. Niezależnie od stosowanych rozwiązań technologicznych i zabezpieczających nie da się całkowicie wyeliminować niekorzystnego oddziaływania odpadów na środowisko.

Strategię oraz gospodarkę odpadami poflotacyjnymi w ZGH „Bolesław S.A. przedstawiono w pracy [8].

Z tych też względów podjęto badania nad gospodarczym wykorzystaniem odpadów poflotacyjnych, między innymi przez takie ośrodki, jak Politechnika Śląska, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN czy Politechnika Krakowska [6,7,9]. Badania te są ukierunkowane na wykorzystanie odpadów poflotacyjnych do podszadzania z użyciem Najlepszych Dostępnych Technik BAT.

Biorąc pod uwagę takie elementy, jak:

- duże zapotrzebowanie na podszadkę,
- substytucję surowców naturalnych surowcami odpadowymi,
- utrzymanie rentowności pozyskiwania rud Zn-Pb,
- wystarczające zaplecze techniczne i bazę warsztatową,

należy sądzić, że w niedalekiej perspektywie takie materiały podszadkowe znajdą zastosowanie w ZG „Trzebionka”.

Wstępne badania prowadzone przez wymienione instytucje potwierdzają możliwość otrzymywania podszadzki na bazie odpadów poflotacyjnych spełniającej wymogi normy PN-G-11011.

6. Podsumowanie

Zastosowanie wstępnego wzbogacania w cieczach ciężkich pozwoliło na wydzielenie dodatkowego produktu – dolomitu oraz na otrzymanie nadawy pozwalającej na poprawę efektywności procesu mielenia i flotacji.

Modyfikacja procesów technologicznych przez krajowych producentów koncentratów cynku i ołowiu sprowadza się do automatyzacji i kontroli komputerowej tych procesów. Zapewnia to prawidłowy przebieg flotacji w sposób ciągły, dobór ilości odczynników flotacyjnych o ściśle określonych stężeniach odniesionych do zmiany charakterystyki mineralno-chemicznej nadawy, co czyni proces stabilny. W konsekwencji otrzymuje się

produkty o wyższych parametrach jakościowych oraz poprawę wskaźników technologiczno-ekonomicznych procesu wzbogacania rud Zn-Pb.

Wprowadzenie dodatkowego procesu ekstrakcyjnego usuwania magnezu oraz flotacji odgipsowującej pozwala na otrzymanie koncentratów cynku o podwyższonych parametrach jakościowych. Koncentraty takie są zdecydowanie bardziej konkurencyjne na rynku.

Pozytywne wyniki badań stwarzają w niedalekiej przyszłości możliwość gospodarczego wykorzystania odpadów poflotacyjnych. Pozwoli to na:

- zmniejszenie ilości odpadów deponowanych na stawach osadowych w ZG „Trzebieńka”,
- utrzymanie rentowności pozyskiwania koncentratów z uwagi na substytucję stosowanego piasku odpadami poflotacyjnymi,
- poprawę w zakresie ochrony środowiska.

LITERATURA

1. Bilans Gospodarki Surowcami Mineralnymi Polski i Świata 1998-2002. PAN, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Kraków 2004.
2. Instrukcja Technologiczna i Ruchowo-Eksploatacyjna Działu Wzbogacania Rudy ZG „Trzebieńka” S.A. 1999.
3. Szołomicki Z.: Obróbka chemiczna koncentratu cynku, I Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalni, Zakopane 14-17.11.1995.
4. Jarosiński A., Włodarczyk B.: *Gosp. Surowcami Mineral.*, 19, 85, 2003.
5. Dulewska-Rosik C.: *Podstawy gospodarki odpadami*. PWN, Warszawa 2000.
6. Kulczycka J., Plewa F., Włodarczyk B.: *Zrównoważone zarządzanie obszarami przemysłowymi*. Wyd. IGSMiEPAN, Kraków 2005, s.163.
7. Jarosiński A., Żelazny S., Włodarczyk B.: *Zrównoważone zarządzanie obszarami przemysłowymi*. Wyd. IGSMiEPAN, Kraków 2005, s.66.
8. Pajor G.: *Zrównoważone zarządzanie obszarami przemysłowymi*. Wyd. IGSMiEPAN, Kraków 2005, s.8.
9. Kowalski Z., Żelazny S., Włodarczyk B.: *Sustainable Post-Mining Land Management*. CBPM CUPRUM, Wrocław 2004, s.171.

Abstract

This paper focuses on the development of procedures connected with the obtaining of zinc and lead concentrates from the viewpoint of possible adaptation to concrete operating conditions in domestic plants of mechanical processing of Zn-Pb ores. The use of preliminary treatment – separation of zinc and lead ores in weighty liquids has allowed to obtain the extra product – dolomite- as well as the feed material to obtaining of Zn-Pb concentrates. The physical and chemical properties of such obtained material permit on increase of principal process efficiency of zinc and lead ores enrichment that is a flotation. The automatization and of the computer check of processes of these ores enrichment bring the modification of these technological processes in the domestic conditions. The above elements permit on choice of flotation agent volume at accurate concentration in the relation to change of mineral-chemical characteristic of initial composition of zinc and lead ore. In consequence they have an influence on the quality of the obtained zinc concentrate and improvement of the technological and economic indexes.

The process of magnesia leaching used at “ Trzebionka” SA mine was presented together with its improving effects on the quality of zinc concentrate and competitive advantages on the market. The problem of flotation tailings was raised as well as economic utilization (as backfilling material) which improves environment protection. A solution that can be applied in Polish non-ferrous ore mining without large investment cost has also been worked out.