

Jerzy KOWALCZYK*

Czesław MAZANEK*

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA KONCENTRATÓW MINERAŁÓW CIĘŻKICH POWSTAJĄCYCH W WYNIKU PRZERÓBKİ ODPADÓW PO OCZYSZCZENIU PIASKÓW SZKLARSKICH I ODPADÓW Z PRODUKCJI KRUSZYWA BUDOWLANEGO

Przedstawiono ocenę możliwości wykorzystania koncentratów monomineralnych otrzymywanych w procesach rozdziału kolektywnych koncentratów minerałów ciężkich z zakładów w Osiecznicy i Proszkowiach. Zbadano koncentraty: monacytowy, cyrkonowy, ilmenitowy, magnetytowy, granatów i wtórnych piasków odpadowych.

Wprowadzenie

Według Metals Minerals Annual Review światowa produkcja koncentratów minerałów ciężkich wynosi aktualnie [Metals Rev., 1989]:

- 860 tys. Mg koncentratu cyrkonu,
- 490 tys. Mg koncentratu rutylu,
- 30 tys. Mg koncentratu monacytowego,
- 3300 tys. Mg koncentratu ilmenitowego.

Produkcja ta oparta jest głównie o złoża piasków pławowych, które mają aktualnie największe znaczenie przemysłowe z uwagi na łatwość eksploatacji i duże zasoby. Eksploatowane piaski znajdują się na wybrzeżach Australii, Indii, Sri Lanki, Afryki wschodniej i zachodniej, Ameryki pld. (Brazylia) i Stanów Zjednoczonych.

Głównym producentem jest Australia gdzie otrzymuje się 70% koncentratów cyrkonu, 60% koncentratów rutylu, 37% monacytu i 25% ilmenitu. Wydaje się, że obecnie udział ten będzie się zmniejszał w związku z pojawieniem się nowych producentów jak Brazylia, Wietnam czy Tajlandia.

W Polsce nie produkuje się i nie rozdziela się koncentratów minerałów ciężkich. Stąd zapotrzebowanie przemysłu hutniczego i chemicznego na związki tytanu, szklarskiego i odlewniczego na koncentraty cyrkonowe a elektronicznego, elektromaszynowego i szklarskiego na ziemie rzadkie pokrywane jest importem.

*Instytut Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich, Politechniki Wrocławskiej, 50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27

Można oszacować iż minimalne zapotrzebowanie naszego kraju na koncentraty minerałów ciężkich wynosi: dla koncentratu ilmenitowego 75000 Mg na rok, koncentratu cyrkonowego 5000 Mg na rok, koncentratu rutyłowego 6000 Mg na rok, proszku granatów szlifierskich 100 Mg na rok, a ziem rzadkich minimum 300 Mg na rok [Kowalczyk, Mazanek, 1987, Laska, Downarowicz, 1983].

- Ze względu na skład mineralny wyróżnia się następujące rodzaje złóż:
- ilmenitowo-rutyłowo-cyrkonowe, występujące na zachodnim wybrzeżu Australii i w RPA,
 - rutyłowo-cyrkonowe np. złoża wschodniego wybrzeża Australii i Sri Lanki.
 - ilmenitowo-magnetytowe z granatami (Indie, Egipt).

Polskich złóż nie można zaliczyć do żadnej z wymienionych kategorii. Obliczone zasoby samej tylko Ławicy Odrzanej na obszarze 450 km² wynoszą około 0,9 mln Mg cyrkonu i 6 mln Mg ilmenitu [Łuszczkiewicz, 1985, Łuszczkiewicz, 1988] są znaczne - niestety duża odległość od brzegu, a zatem wysokie koszty transportu stawiać mogą pod znakiem zapytania ekonomikę przedsięwzięcia. Stąd zwrócenie uwagi na antropogeniczne złoża powstające obok zakładów przerobu kruszyw na Dolnym Śląsku, gdzie wydobywa się rocznie wraz z kruszywami w 16 zbadanych zakładach ponad 3000 Mg ilmenitu, 900 Mg cyrkonu, 300 Mg monacytu i 200 Mg rutyłu [Łuszczkiewicz, 1988].

Zagadnienie pozyskania i dalszej przeróbki minerałów ciężkich musi być rozpatrywane z uwzględnieniem wszystkich elementów, które wpływają na ekonomikę. Do tych elementów autorzy zaliczają możliwość wykorzystywania przez przemysł wszystkich produktów ewentualnej przeróbki, których jakość musi się mieścić w normach światowych przy koszcie pozyskiwania porównywalnym ze światowym, przy uwzględnieniu naturalnie kosztów transportu do Polski. Analizując wykonane w Polsce w ciągu ostatnich 20 lat prace nad rozpoznaniem, eksploatacją i technologią przetwarzania krajowych źródeł minerałów ciężkich, autorzy zgadzają się z tezą, iż problem winien zostać rozwiązany w oparciu o krajowe odpady. Chodzi tutaj o odpad powstający na stołach koncentracyjnych w procesie uszlachetniania piasków szklarskich w kopalni "Osiecznica", a perspektywnie o odpady z wzbogacania piasków z rejonu Tomaszowa Mazowieckiego, oraz w oparciu o kompleksową przeróbkę drobnoziarnistej frakcji kruszywa budowlanego z wykorzystaniem frakcji piasku odpadowego.

Celem niniejszej pracy jest przeanalizowanie możliwości wykorzystania, w wyżej wymienionym aspekcie, realnie otrzymanych w próbach półtechnicznych koncentratów monomineralnych. Koncentraty te zostały otrzymane w wyniku rozdziału kolektywnych koncentratów grawitacyjnych otrzymanych z odpadu z oczyszczania piasków szklarskich z Osiecznicy [Łuszczkiewicz, 1987] oraz drobnoziarnistego odpadu z płukania żwirów w

Tabela nr 1

Skład koncentratów przemysłowych

Koncentrat	Skład koncentratu [%]
Koncentrat cyrkonowy ($ZrSiO_4$)	SiO_2 28,6-33,5%; ZrO_2 57,7-67,7%; Al_2O_3 0,3-6%; Fe_2O_3 0,1-1%; TiO_2 0,02-0,3%; Ln_2O_3 ~ 2%
Koncentrat ilmenitowy ($FeTiO_3$)	TiO_2 51,8-54,3%; FeO 26-28%; Fe_2O_3 15-15,5%; SiO_2 1,1-1,3%; MnO 0,4-0,6%
Koncentrat monacytowy ($CePO_4$)	Ln_2O_3 50-63%; ThO_2 3-11%; SiO_2 ~ 2%; P_2O_5 20-28%; U_3O_8 ~ 0,1%
Koncentrat ilmenitowo-rutylowy (Ti, Nb, Ta, Fe) O_2	TiO_2 72-91%, Nd 1-12%; Ta 0-0,7%; FeO 3-14%

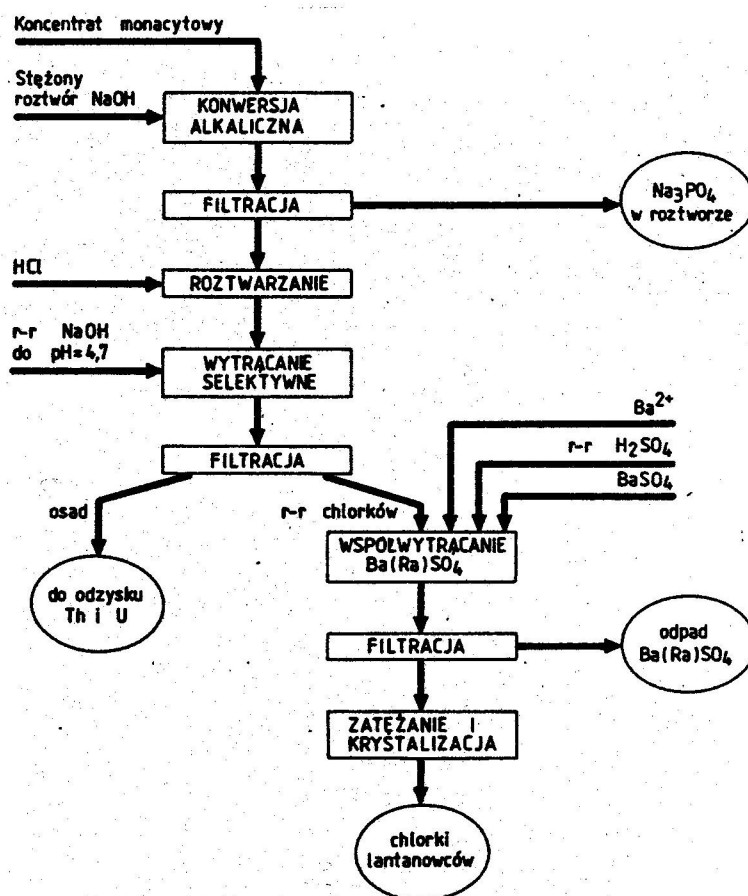
Proszkowicach [Łuszczkiewicz, 1990]. Przebadano koncentraty monacytowy, cyrkonowy, ilmenitowy, rutylowy oraz rozpatrzono możliwość wykorzystania koncentratu magnetytowego i granatów, a także wzięto pod uwagę możliwości wykorzystania piasków odpadowych po wydzielaniu kolektywnych koncentratów wstępnych. W tabeli 1 przedstawiono składy niektórych handlowych koncentratów.

1. Koncentrat monacytowy

Monacyt jest podstawową rudą ziem rzadkich grupy cerowej (tzw. lantanowców lekkich). Zapisywany w mineralogii jako $CePO_4$ zwykle zawiera 21-32% Ce_2O_3 , do 28% (La, Nd, Pr) $_2O_3$ i 6-11% ThO_2 . Ta domieszka Th czyni jednocześnie z monacytu rudę toru. Jako surowiec do otrzymywania ziem rzadkich i toru praktycznie występuje jako koncentrat otrzymywany z rozdziału koncentratów kolektywnych minerałów ciężkich, gdzie zwykle występuje w stosunkowo niskim procencie. Jako samodzielny minerał występuje monacyt jedynie w ZSRR w okolicach Miaska w Górach Ilmeńskich i na pld. Uralu oraz na Madagaskarze (rejon Ankazabe i Mpengabe), zaś piaski monacytowe znajdują się tylko w kilku rejonach - Kerali w Indiach, Cape Frico i Racife w Brazylii oraz na wybrzeżach Cejlonu [Bolewski, 1965].

Skład koncentratów minerałów ciężkich otrzymanych w Polsce jest mało korzystny jeśli chodzi o zawartość w nim monacytu, jednocześnie udział toru jest niski.

Dla stwierdzenia możliwości wykorzystania koncentratu otrzymanego z krajowych surowców odpadowych do wytwarzania koncentratu chemicznego,

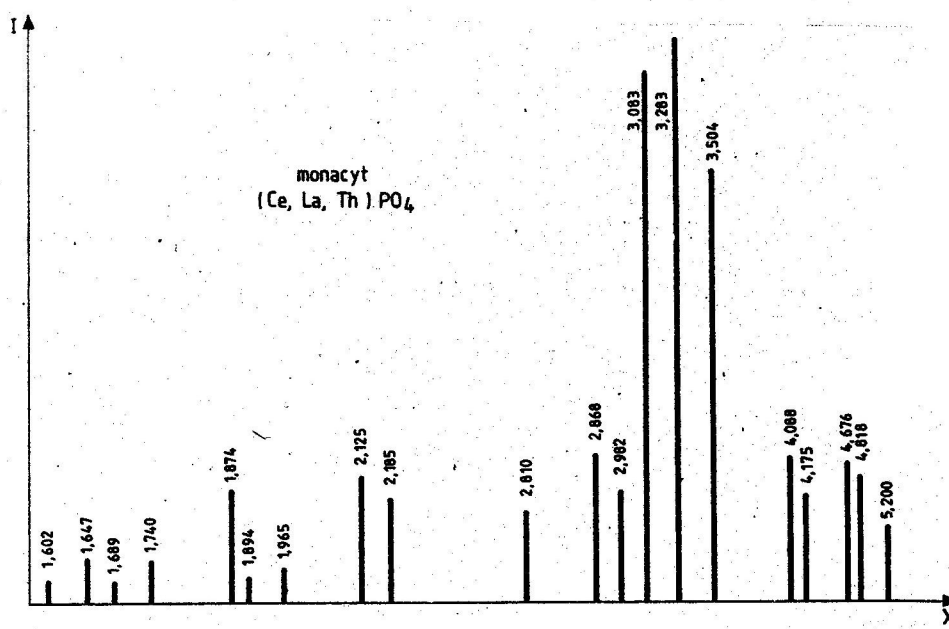


Rys. 1. Schemat przeróbki koncentratów monacytowych metodą kwaśną
Fig. 1. Block diagram of monazite concentrate alkaline processing

poddano koncentrat procedurze technologicznej według schematu technologicznego powszechnie stosowanego aktualnie w technologii światowej [Kowalczyk, 1990]. Schemat ten pokazano na rysunku 1.

Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość zastosowania otrzymanego w Polsce koncentratu monacytowego jako surowca w opanowanych w Polsce technologiach. Niepotrzebne okazały się jakiegokolwiek modyfikacje dostosowanych w operacjach jednostkowych. Można natychmiast rozpocząć przetwarzanie takiego koncentratu na wysokoprocentowy koncentrat wodorotlenkowy.

Analizę chemiczną badanego koncentratu monacytowego przedstawia tabela 2, zaś jego dyfraktogram rysunek 3.



Rys. 2. Dyfraktogram próbki polskiego koncentratu monacytowego (Proszkowice)

Fig. 2. Diffractogram of polish monazite concentrate (from Proszkowice)

Tabela nr 2

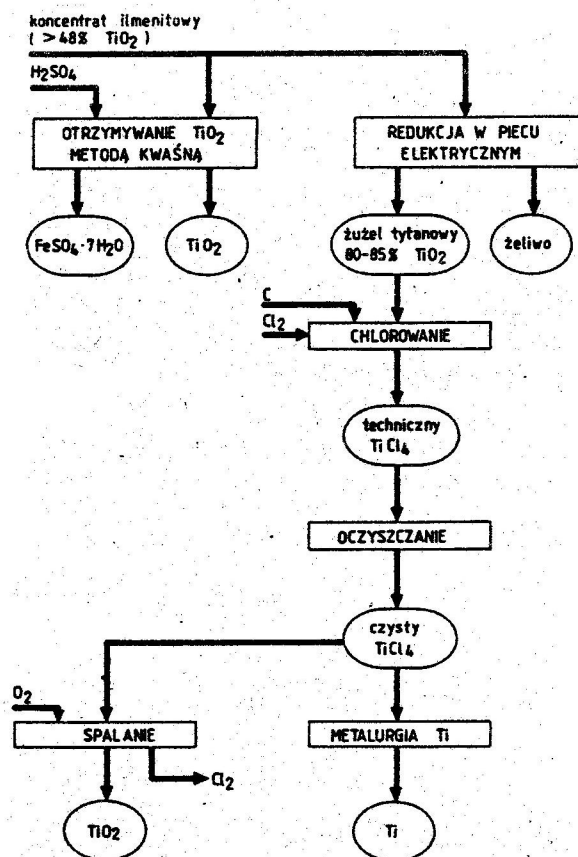
Skład koncentratu monacytowego

Koncentrat	Skład koncentratu [%]
Koncentrat monacytowy [Łuszczkiewicz, 1990]	Ln_2O_3 52%; ThO_2 2,2%; TiO_2 0,2%, ZrO_2 0,3%; FeO 0,3%

2. Koncentraty rutylowe i ilmenitowe

Rutyl TiO_2 jest to najcenniejszy minerał tytanu. Teoretycznie zawiera 60% Ti, zwykle zawiera do 15% FeO oraz ślady tantalu i niobu. Złoża tego minerału eksploatowane są w Związku Radzieckim (Kazachstan), Stanach Zjednoczonych (płd. Karolina), Norwegii i Brazylii [Bolewski, 1965]. Ponieważ jest odporny na wietrzenie nagromadza się w złożach okruchowych. Takie złoża (piaski), są praktycznie obecnie jedynym źródłem rutylu.

Ilmenit FeTiO_3 - żelaziak tytanowy, najbardziej rozpowszechniony minerał tytanu. Teoretycznie zawiera 52,66% TiO_2 i 47,34% FeO , jednak zawiera także Fe_2O_3 i diadochowe domieszki Mg i Mn. Występuje jako minerał akcesoryczny w wielu skałach magmowych i wspólnie z magnetytem tworzy w



Rys. 3. Schemat przeróbki koncentratów ilmenitowych
Fig. 3. Block diagram of ilmenite concentrate processing

skałach zasadowych wielkie złoża tytanomagnetytu, przy czym w niektórych złożach ilościowo przeważa jak np. w ZSRR w górach Ilmeńskich, gdzie został po raz pierwszy odkryty. Dzięki swej odporności na wietrzenie i znacznemu ciężarowi właściwemu nagromadza się wtórnie w złożach okrucho- wych.

Główne zastosowanie surowców tytanu - produkcja bieli tytanowej, powoduje, że najcenniejsze są koncentraty rutyłowe zawierające powyżej 98% TiO_2 [Skudlarski, 1974]. Takiego koncentratu wymaga, będąca w rozwoju technologia chlorowa. Z uwagi na niedostateczną podaż koncentratów rutyłowych opracowano technologię wytwarzania sztucznego rutyłu z ilmenitu. Technologię taką przedstawiono na rysunku 3, wraz z klasycznymi procesami przeróbki ilmenitu na biel tytanową i metaliczny tytan.

Dwutlenek tytanu TiO_2 to nie tylko powszechnie używane pigmenty białe, lecz jest również surowcem wyjściowym do wytwarzania związków chemicznych tytanu używanych do różnych celów. Węglik tytanu jest jednym z podstawowych składników węglików spiekanych używanych do skrawania metali, również azotek i borek Ti to materiały o dużej twardości stosowane jako materiały ściernie odporne na wysokie temperatury. Techniczne znaczenie mają także metalo-organiczne związki tytanu, a $TiCl_3$ stosowany jest jako katalizator w procesie polimeryzacji węglowodorów alkenowych.

Koncentratu rutylu używa się także bezpośrednio jako dodatku do otulin elektrod spawalniczych, dodatku do emalii itd., a także jest to najlepszy surowiec do produkcji tytanu metalicznego.

Tytan metaliczny i jego stopy są cennymi tworzywami konstrukcyjnymi zwłaszcza w przypadkach pracy w niskich temperaturach. Dlatego też największe znaczenie mają stopy tytanu z glinem, manganem i chromem. Ponad 70% światowego zużycia tych stopów przypada na samoloty, korpusy rakiet i okręty podwodne. Również czysty tytan znajduje zastosowanie jak np. na elektrody dla przemysłu elektro-chemicznego, czy na instrumenty chirurgiczne. Wykorzystywana jest także zdolność do pochłaniania przez ten metal gazów.

Polaka winna zużywać rocznie co najmniej 100 tys. Mg ilmenitu i 6 tys. Mg rutylu, stąd ilości koncentratów ilmenitu nie są znaczące dla produkcji bieli tytanowej w Policach, ale np. pokrywają zapotrzebowanie huty "Baildon" w tym zakresie. Jest oczywistym jednak, iż otrzymane w kraju koncentraty (tabela 3) mogą zostać zastosowane zarówno w istniejących w kraju technologiach jak i też mogą być podstawą do uruchomienia technologii na mniejszą skalę. Mogłaby np. zostać uruchomiona produkcja syntetycznego rutylu dla różnych zastosowań (w tym dla huty "Baildon").

Tabela nr 3

Skład koncentratu ilmenitowego i rutylowego

Koncentrat	Skład koncentratu, [%]
Koncentrat ilmenitowy i rutylowy	TiO_2 48%; ZrO_2 0,1%; FeO 36%,
[Łuszczkiewicz, 1990]	TiO_2 85%; ZrO_2 2,4%; FeO 7,8%

Jak wynika z tabeli 3 otrzymane koncentraty ilmenitowe o zawartości TiO_2 powyżej 45% i rutylowe o zawartości TiO_2 powyżej 85% - kwalifikują się one w pełni do uznania ich za koncentraty handlowe.

3. Koncentrat cyrkonowy

Cyrkon $ZrSiO_4$ należy do krzemianów wyspowych. Jego skład chemiczny urozmaica szereg domieszek nieraz pokaźnych: hafnu 0,25–3,8%, toru do około 0,28%, niobu, tantalu czy P_2O_5 [Bolewski, 1965]. Te podstawienia często występują wspólnie, a odmiany bogate w różne wymienione domieszki otrzymały osobne nazwy (alwit, naegit, aurelit). Jest to pospolity minerał akcesoryczny wielu skał magmowych, ale spotyka się go również w klasycznych składach osadowych. Jednak to właśnie złoża okruchowe są głównym typem złóż cyrkonu. Są to piaski cyrkonowe. Obecnie to właśnie australijskie piaski plażowe dostarczają prawie 75% potrzebnej światu ilości cyrkonu.

Około 90% z ogólnej ilości otrzymanych koncentratów cyrkonu nie jest już dalej przerabiane z racji bezpośredniego ich użycia jako dodatek do mas formierskich lub składnik receptur w przemyśle ceramicznym i szklarskim. W Polsce głównie używa się bezpośrednio koncentratów cyrkonu jako składnika twardych i odpowiednio śliskich glazur w przemyśle szklarskim, do produkcji elementów wyłożenia pieców, a także jako zmętniacza szkła, stosuje się także niskoprocentowe piaski cyrkonowe do polepszania własności materiałów formierskich. Stąd wydaje się iż aktualnie możliwie do pozyskania ilości z odpadów przemysłu piasków szklarskich i przetwarzania odpadu po produkcji kruszyw pokryłoby aktualne zapotrzebowanie krajowe.

Tabela nr 4

Skład koncentratu cyrkonowego

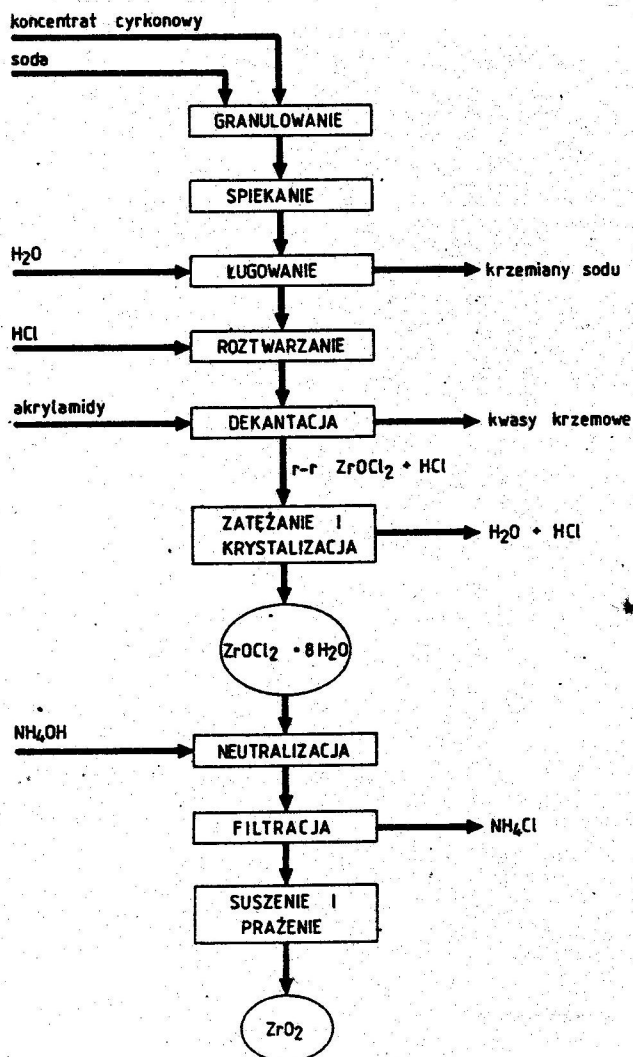
Koncentrat	Skład koncentratu, [%]
Koncentrat cyrkonowy [Łuszczkiewicz, 1990]	ZrO_2 62%; TiO_2 0,5%; FeO 0,2%

Jakość otrzymanego w kraju koncentratu cyrkonowego przedstawiono w tabeli 4. Koncentrat ten jest jakości pośredniej pomiędzy spotykaną na rynkach klasą "standart" (dla odlewnictwa, materiałów ogniotrwałych i ściernych), a klasą "premium" (dla ceramiki specjalnej i produkcji metalicznego Zr i jego związków). Stąd, zdaniem autorów, nadaje się on bezpośrednio do takich zastosowań jak zmętniacz do szkliv i dodatek do mas formierskich i np. może zostać pokryte takim koncentratem zapotrzebowanie Zakładów Płytek w Opocznie, natomiast skład ten nie kwalifikuje go do produkcji bloków topionych do wykładania wanien szklarskich.

Autorzy podjęli próbę sprawdzenia możliwości wykorzystania otrzymanych koncentratów do przetwarzania chemicznego. W świecie bowiem jednak ponad 10% produkcji koncentratów cyrkonu jest przetwarzane na tlenek

cyrkonu, jego tlenochlorek i inne związki, a także metal. Jednocześnie rozwijane są technologie ceramiczne oparte o tlenek cyrkonu. Chodzi tutaj o ceramikę wysokocyrkonową dla zwiększenia wytrzymałości elementów stykających się z ciekłymi metalami, ceramiczne elementy grzejne, włókna cyrkonowe, czy też elektrody pomiarowe i czujniki.

Otrzymany z rozdziału kolektywnego koncentrat minerałów ciężkich, koncentrat cyrkonu poddano przeróbce według schematu przedstawionego na rysunku 4 [Nehamkin, 1979].



Rys. 4. Schemat przeróbki koncentratów cyrkonowych
Fig. 4. Block diagram of zirconia concentrate processing

Pierwszą operację wykonano poprzez poddanie obróbce termicznej materiału (zgranulowanego z sodą) w 2 m piecu obrotowym wyłożonym alundem w Zakładzie "Hydromet" w Kowarach - dalsze operacje laboratoryjne. W sposób konwencjonalny otrzymano tlenochlorek cyrkonu, tlenek cyrkonu, a także przygotowano żel z zawartością 12% wodorotlenków lantanowców według technologii Politechniki Krakowskiej przeznaczony do wytwarzania stabilizowanych wad trudnościeralnych na elementach maszyn.

Jak z powyższego wynika możliwe do pozyskania rocznie w Polsce 1000 Mg koncentratu cyrkonowego jest możliwe do wykorzystania w tradycyjnych zastosowaniach lub też można w oparciu o ten surowiec rozpocząć przeróbkę dla otrzymywania wyrobów najwyższej techniki i technologii.

4. Koncentrat magnetytowy

Zagospodarowanie koncentratu magnetytowego nie stwarza żadnych problemów zważywszy iż zawartość żelaza przekracza zawsze 54%, zaś zawartość toru jest mniejsza od 0,01%. Ewentualna dosyć wysoka zawartość TiO_2 zważywszy na stosunkowo niewielką ilość tego koncentratu nie ma większego znaczenia. Taki koncentrat bez żadnych obaw może być dodawany na spiekalniach do mieszanki rudnej, zatem nie uznano za stosowne przeprowadzenie jakichkolwiek badań.

5. Możliwości wykorzystania odpadów po wzbogacaniu grawitacyjnym piasków

Wzbogacając grawitacyjnie piaski odpadowe należy się liczyć, że powstanie niemal taka sama ilość odpadów jak ilość nadawy wziętej do wzbogacania. Problem utylizacji tego odpadu w zasadzie mógłby nie istnieć. Odpady te można by kierować z powrotem do osadnika, z którego je pobrano. Jednakże odpady po stole koncentracyjnym (jak po każdym innym urządzeniu do wzbogacania grawitacyjnego) stają się materiałem znacznie przetworzonym w stosunku do nadawy. Przede wszystkim materiał jest sklasyfikowany - usunięto z niego wszelkie zanieczyszczenia $+0,5$ mm (lub $+1$ mm) oraz jest w dużym stopniu odmulony, gdyż krążące wody obiegowe będą zabierały większą część składników ilastych. Zatem po przeróbce drobnosiarnistych piasków powstanie przemity materiał odmulony i pozbawiony ziarn $+0,5$ mm.

Wykonane zostały szczegółowe badania [Kuczevska, 1988] nad określeniem przydatności tego odpadu jako dodatku do produkcji tynków i szczelnych betonów zakończone powodzeniem. Została udowodniona możliwość pełnego jego wykorzystania.

6. Granaty

Granaty są to krzemiany wypowowe, krystalizujące w układzie regularnym, zwykle o dobrze wykształconych kryształach, których skład chemiczny można wyrazić ogólnym wzorem $Me_3R_2(SiO_4)_3$ [Bolewski, 1965]. Są niezwykle odporne na wietrzenie i twarde. W piaskach odpadowych, a zatem i w koncentracjach granatów znajdują się głównie almandyn $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$. Ilości ich przekraczają krajowe zapotrzebowanie na drobnosiarniste materiały ściernie, wydaje się jednak, że łatwo będzie dla nich znaleźć zastosowanie np. na zasypki do pokryw dachowych (papy).

7. Podsumowanie

Możliwość wykorzystania wszystkich produktów rozbicia kolektywnego koncentratu minerałów ciężkich otrzymanego metodami grawitacyjnymi z krajowych surowców odpadowych wydaje się bezdyskusyjna. Również ilości możliwe do uzyskania stosunkowo prostą technologią przy właściwej inwencji organizacyjnej są znaczące, a w wypadku monocyta, wręcz pokrywające aktualne zapotrzebowanie krajowe. Ponieważ proponowana technologia została oceniona szacunkowym rachunkiem efektywności ekonomicznej [Żmudziński, 1988], który wypadł pozytywnie, wydaje się celowym, aby przedsięwzięcia związane z realizacją było jak najszybciej realizowane. Wydać się to konieczne także z uwagi na angażowanie się i myśli technicznej i kapitału polskiego w różne przedsięwzięcia poza granicami mające podobny cel.

8. Literatura

1. Metals Minerals Annual Review (1989).
2. Kowalczyk J., Mazanek Cz. (1987), Ziemia rzadkie - problem zaspokojenia potrzeb gospodarki narodowej, *Fizykochem. Problem. Min.*, 19, s. 233-241.
3. Laska W., Downarowicz L. (1983), Możliwości zagospodarowania i wykorzystania minerałów ciężkich z ławic bałtyckich, *Praca ZNB "Poltegor"*, nr 39898.
4. Łuszczkiewicz A., Glapa W. (1985), Koncepcja otrzmywania koncentratów minerałów ciężkich z piasków ławic bałtyckich, *Fizykochem. Probl. Min.*, 17, s. 205-218.
5. Łuszczkiewicz A., Kursyca M., Steinhoff J., Swierkot-Kapała A. (1988), Ocena możliwości pozyskania minerałów ciężkich z piasków ławic Słupskiej i Odrzańskiej, *Przegląd Górniczy*, nr 10, s. 12-18.
6. Łuszczkiewicz A. (1988), Odpady z płukania żwirów jako znaczące źródło minerałów ciężkich, *Materiały Sympozjum: Optymalizacja wykorzystania surowców mineralnych w procesach przeróbki i przetwórstwa*, Wydawnictwo AGH, Kraków, s. 154-165.

7. Łuszczkiewicz A. (1987), Odsysk minerałów ciężkich z piasków szklarskich kopalni Osiecznica, Fizykochem. Probl. Miner., 19, s.309-319.
8. Łuszczkiewicz A. (1990), Minerale ciężkie w stawach osadowych żwirowni śląskich, Fizykochem. Probl. Min.,
9. Bolewski A. (1965), Mineralogia szczegółowa, Wyd. Geologiczne, W-wa.
10. Kowalczyk J., Mazanek Cz. (1990), Metody przeróbki rud i koncentratów ziem rzadkich, Rudy i Metale Nieżelazne, nr 5-6.
11. Skudlarski K., i współ. (1974), Technologia produkcji tytanu i dwutlenku tytanu, Prace naukowe Inst. Chem. Nieorg. i Met. Pierw. Rzad. Pol. Wr., nr 22, monografie 7.
12. Nehamkin L.G. (1979), Metalurgia zirkonijska i hafnijska, Metallurgija, Moskwa.
13. Kluczeńska B. (1988), Ocena przydatności piasku odpadowego do stosowania w budownictwie, Inst.Górnictwa Politechniki Wrocławskiej.
14. Żmudziński K., Konaszyńska-Żmudzińska Z., Pędziwol A., Antman A., Żytkowski T. (1988), Ocena techniczno-ekonomiczna otrzymywania koncentratów minerałów ciężkich z odpadów piaskowych Dolnego Śląska, PETEX, Wrocław.

ABSTRACT

Kowalczyk J., Mazanek Cz., 1990. Application possibilities of heavy minerals concentrates obtained in beneficiation process of glass sands and gravels tailings, Problems of Mineral Processing, 23; 59-70.

There are shown application possibilities of monomineral concentrates produced by beneficiation of collective heavy mineral concentrates from Osiecznica and Proszkowiec factories. Monazite, zircon, ilmenite, magnetite, garnet concentrates and secondary sands were assessed.

СОДЕРЖАНИЕ

КОВАЛЬЧИК Е., МАЗАНЕК Ч., 1990. Возможности использования концентратов тяжелых минералов полученных в процессах обогащения гравелей и стеклянных песков. Физикохимические процессы обогащения. 23; 59-70.

Представлена оценка возможностей использования мономинеральных концентратов полученных в процессах разделения коллективного концентрата тяжелых минералов из заводов Осечница и Провковице. Исследованы концентраты; монацитовые, цирконевые, ильменитовые, магнетитовые, гранатов и вторичных песков.

... ..