

Władysław PILCH*

Józef STACHURSKI*

Kazimierz SZTABA*

BADANIA I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA MINERAŁÓW CIĘŻKICH Z BAŁTYCKICH PIASKÓW PŁAŻOWYCH

W pracy przedstawiono wyniki badań nad wzbogacaniem bałtyckich piasków plażowych.

Omówiono skład mineralogiczny i podano schematy technologiczne otrzymywania koncentratów magnetytu, ilmenitu, monacytu i rutylu. Omówiono uwarunkowania technologiczne otrzymywania handlowych koncentratów a zwłaszcza koncentratu rutylu i cyrkonu. Mieszanie tych minerałów można rozdzielać metodą flotacyjną i metodą elektrostatyczną. W pracy omówiono obie te metody.

1. Wstęp

Piaski morskie oraz niektóre złoża piasków śródlądowych stanowią kopalinę, która oprócz kwarcu zawiera minerały ciężkie. Są to głównie takie minerały jak cyrkon ($ZrSiO_4$), rutyl (TiO_2), ilmenit ($FeOTiO_2$) oraz znaczący minerał - monacyt, który zawiera m.in. takie pierwiastki jak tor, cer i itr.

Głównymi producentami koncentratów minerałów ciężkich, głównie cyrkonu, rutylu i ilmenitu, są Stany Zjednoczone, Australia, Szwecja, Norwegia, Finlandia, Nigeria i inne.

W Australii otrzymuje się z piasków morskich prawie 75% światowej produkcji cyrkonu. Wprowadzenie do wstępnego wzbogacania przed około 20 laty wysokowydajnych (około 100 t/godz) stożków Reicherta, umożliwiło znaczne zwiększenie produkcji, jak również umożliwiło eksploatację piasków zawierających 0,5% (a nawet mniej) minerałów ciężkich. Technologia przeróbki tego surowca obejmuje takie operacje jednostkowe jak: wzbogacanie grawitacyjne - realizowane obecnie przy zastosowaniu usprawnionych, wysokowydajnych stożków Reicherta - dla oddzielenia piasku kwar-

*Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Instytut Przeróbki i Wykorzystania Surowców Mineralnych.

cowego od minerałów ciężkich. Po nim następuje operacja wzbogacania magnetycznego z zastosowaniem separatorów nisko- i wysokogradientowych, a dla rozdzielania rutylu od cyrkonu stosowana jest separacja elektrostatyczna. Tym sposobem otrzymuje się handlowe koncentraty cyrkonu, rutylu i ilmenitu, monacytu oraz granatów.

2. Występowanie minerałów ciężkich w polskich złożach piaszczystych

Na podstawie dostępnej literatury główne lokalizacje występowania minerałów ciężkich można podzielić na dwa obszary: morski i przybrzeżny oraz śródlądowy.

We wschodniej części polskiego wybrzeża Bałtyku [8] stwierdzono koncentracje minerałów ciężkich głównie w okolicy Rozewia oraz na ławicy Osetnickiej. Kolejne występowanie minerałów ciężkich stwierdzono w rejonie Łeby, Darłówka, miejscowości Rowy oraz w rejonie ławicy Słupskiej. W części zachodniej szelfu południowego Bałtyku złoża minerałów ciężkich występują w obszarze Zatoki Pomorskiej, w rejonie Kołobrzegu, i północno-wschodniej części ławicy Odrzańskiej. Minerale ciężkie występują w zdecydowanej większości innych złóż rozsypiskowych, głównie w złożach piasków szklarskich, żwirów itp. Znaczące ilości minerałów ciężkich stwierdzono w piaskach baranowskich pod złożami siarki w rejonie Tarnobrzegu, w piaskach szklarskich w Białej Górze, Osiecznicy, w złożach żwirów i piasków eksploatowanych dla potrzeb budownictwa a także do budowy dróg kołowych i kolejowych itp.

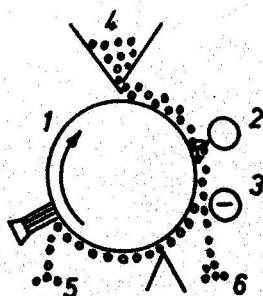
Minerale ciężkie występujące w złożach okrucowych - głównie w rejonie Dolnego Śląska - stanowią interesujący surowiec przede wszystkim z uwagi na niskie koszty eksploatacyjne w porównaniu np. z kosztami pozyskiwania tych minerałów z ławic bałtyckich.

3. Metody wzbogacania piasków zawierających minerale ciężkie

Metody wzbogacania piasków morskich zostały opisane w licznych publikacjach. Jak już wcześniej wspomniano, dla otrzymania koncentratów handlowych stosuje się zespół operacji jednostkowych wśród których najważniejsze, to: metody wzbogacania grawitacyjnego, magnetycznego i elektrodynamicznego.

A. Łuszczkiewicz w pracy [6] omówił w sposób syntetyczny możliwe metody wzbogacania oraz zakres ich stosowania w zależności od składu granulometrycznego a także własności fizycznych i fizykochemicznych poszczególnych minerałów.

Istotne znaczenie w procesie otrzymywania minerałów ciężkich ma wzbogacanie grawitacyjne, którego celem jest oddzielenie ziarn kwarcu od minerałów ciężkich. Omawiane już wprowadzenie do praktyki przemysłowej stożków Reicherta rozwiązało w zasadzie problem wstępnego wzbogacania gra-

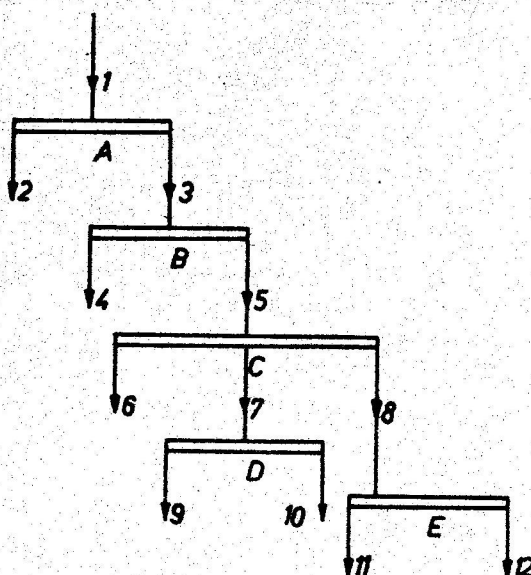


Rys. 1. Schemat separatora elektrodynamicznego

- 1 - Elektroda uziemiana,
- 2 - Elektroda ulotowa,
- 3 - Elektroda statyczna,
- 4 - Nadawa,
- 5 - Dielektryki,
- 6 - Przewodniki

Fig. 1. Scheme of a electrodynamic separator

- 1 - Grounded drum electrode,
- 2 - Ionic electrode,
- 3 - Static electrode,
- 4 - Feed,
- 5 - Dielectrics,
- 6 - Conductors



Rys. 2. Schemat technologiczny wzbogacania piasków morskich

1 - Nadawa, 2 - Piasek, 3 - Minerale ciężkie, 4 - Magnetyt, 5 - Materiał niemagnetyczny, 6 - Ilmenit + Martyt, 7 - Granaty + Monacyt, 8 - Rutyl + Cyrkon + granaty, 9 - Koncentrat monacytu, 10 - Granaty, 11 - Produkt zawierający rutyl + granaty, 12 - Koncentrat cyrkonu

A - Wzbogacanie grawitacyjne, B - Separacja magnetyczna niskogradientowa, C - Separacja magnetyczna wysokogradientowa, D - Separacja magnetyczna, E - Flotacja

Fig. 2. Flowsheed of beneficiation of the beach sands

1 - Feed, 2 - Sand, 3 - Heavy minerals, 4 - Magnetite, 5 - Non magnetic material, 6 - Ilmenite + Martite, 7 - Garnet + Monazite, 8 - Rutile + Ziron + garnet, 9 - Koncentrate of monazite, 10 - Garnet, 11 - Product containing rutile and garnet, 12 - Concentrate of zircon

A - Gravity concentration, B - Low intensity magnetic separation, C - High intensity magnetic separation, D - High intensity magnetic separation, E - Flotation

witacyjnego. Do wydzielania magnetytu i tytano-magnetytu służą klasyczne niskogradientowe separatory bębnowe. Operacja wzbogacania z ich zastosowaniem jest łatwa w realizacji i nie następuje żadnych trudności technologicznych. Do rozdzielania minerałów zróżnicowanych pod względem własności paramagnetycznych - głównie ilmenitu, monacytu, granatów i hematytu - stosuje się separatory wysokogradientowe - w tym głównie separatory indukcyjne wałkowe, talerzowe lub krzyżowe.

Wydażność tych separatorów jest niska - od kilkuset kilogramów do kilku ton na godzinę, w zależności od uziarnienia nadawy. Na Międzynarodowym Kongresie Przeróbki Kopalin w Cannes (1984 r.) przedstawiono po raz pierwszy nadprzewodnikowy separator bębnowy o wydażności do 100 t/godz. przeznaczony dla materiałów sypkich. Należy oczekiwać, że ten typ separatora może zapewnić istotny postęp również w zakresie rozdziału minerałów ciężkich.

Rozdzielanie mieszaniny cyrkonu i rutylu dokonuje się przy zastosowaniu wysokonapięciowych separatorów elektrodynamicznych. Na rysunku 1 przedstawiono schemat typowego separatora elektrodynamicznego. Charakterystycznym elementem tego wzbogacalnika jest wysokonapięciowa elektroda koronująca. Dzięki niej następuje szybkie ładowanie cząstek mineralnych trafiających do przestrzeni roboczej. Jako regułę praktyczną przyjmuje się średnią wydażność separatora w wysokości około 1800 kg/h na 1 metr długości bębna dla uziarnienia w granicach 0,2 - 1,2 mm. Znane są jednostki o długości 3 metrów. Istotnym czynnikiem utrudniającym rozdział cyrkonu od rutylu na drodze separacji elektrodynamicznej jest wilgotność. Na przykład przy względnej wilgotności powietrza 60% - nadawę należy kierować do separacji w temperaturze 40°C, a przy wilgotności 90% nadawa powinna być nagrzana do temperatury 90°C.

4. Badania nad otrzymywaniem koncentratów handlowych z piasków bałtyckich

Badania nad wzbogacaniem piasków morskich z rejonu zatoki Gdańskiej - rozpoczęto w Katedrze Przeróbki Kopalin AGH na początku lat sześćdziesiątych. Na rysunku 2 przedstawiono schemat technologiczny otrzymywania poszczególnych koncentratów z piasków bałtyckich, opracowany w wyniku tych badań. Otrzymywano wówczas w zasadzie trzy kwalifikowane koncentraty handlowe: koncentrat cyrkonu, koncentrat monacytu i koncentrat ilmenitu. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 1.

Otrzymany koncentrat monacytowy stanowił przedmiot szczegółowych badań chemicznych prowadzonych przez J. Łozińskiego [2].

Tabela 1. Wyniki wzbogacania piasków morskich
Table 1. Results of beneficiation of beach sands

Koncentrat	Zawartość		
	ZrO ₂ %	TiO ₂ %	Tlenki ziem rzadkich
Cyrkonowy	66,35	0,1	
Monacytowy			60,34
Ilmenitowy		50,25	

Skład chemiczny tego koncentratu był następujący:

Składnik	ThO ₂	Ce ₂ O ₃	[Ce] ₂ O ₃ , [Y] ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO
Zawartość %	2,85	28,84	34,51 *	28,11	0,72

*Ziemie cerowe i itrowe.

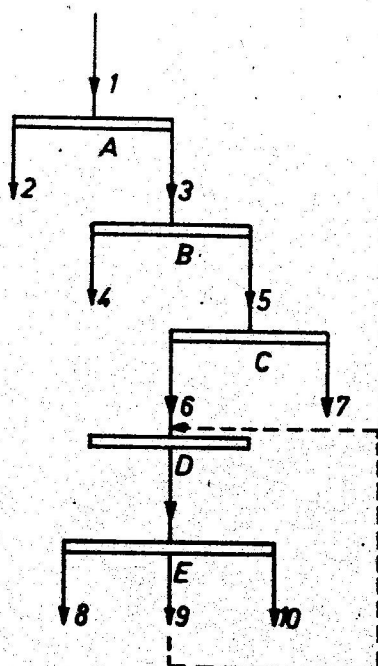
Koncentrat cyrkonu otrzymano metodą flotacyjną. Nadawę do flotacji aktywowano wstępnie roztworem kwasów tłuszczowych w temperaturze 90°C, a następnie, po wielokrotnym przemyciu rozcieńczonym kwasem siarkowym, poddawano flotacji przy pH około 1,8.

Jak już wspomniano, w tej fazie badań nie otrzymano finalnego koncentratu rutylu. Dalsze badania prowadzono więc nad doskonaleniem metody elektrycznej w celu uzyskania handlowego koncentratu rutylowego. Prowadzono również badania nad wtórnym wzbogacaniem grawitacyjnym w celu otrzymania mieszaniny cyrkonu i rutylu, wolnej od zanieczyszczeń innymi minerałami.

Na rysunku 3 podano schemat technologiczny tych badań. W ich wyniku otrzymano pożądane handlowe koncentraty cyrkonu i rutylu.

5. Uwagi końcowe

Na podstawie badań nad wzbogacaniem piasków morskich stwierdzono możliwość otrzymywania koncentratów handlowych, głównie cyrkonowego i monacytowego. Badania dotyczyły próbek pobranych z plaż Zatoki Gdańskiej. Zawartości poszczególnych minerałów w oddzielnych próbkach wahały się w szerokich granicach. Zawartość cyrkonu wynosiła np. 1 - 6%, rutylu 1 - 3%,



Rys. 3. Schemat technologiczny wzbogacania piasków morskich

1 - Nadawa, 2 - Piasek kwarcowy, 3 - Minerale ciężkie, 4 - Magnetyt, Ilmenit, Monacyt, Granaty, 5 - Rutyl, Cyrkon + (granat, amfibol, staurolit, dysten, turnobin), 6 - Cyrkon - Rutyl, 7 - granaty amfibol, staurolit, dysten, turnolit, 8 - Koncentrat rutyli, 9 - Produkt pośredni, 10 - Koncentrat cyrkonu

A - Wzbogacanie grawitacyjne wstępne, B - Wzbogacanie magnetyczne nisko-gradientowe, C - Wzbogacanie grawitacyjne, D - Przygotowanie termiczne, E - Separacja elektrodynamiczna (wielokrotnie)

Fig. 3. Flowsheet of the beneficiation of beach sands

1 - Feed, 2 - Sands, 3 - Heavy minerals, 4 - Magnetite, Ilmenite, Monazite, Garnet, 5 - Rutile, Zircon, Garnet, Amphibole, Staurolite, Disten, Turmaline, 6 - Zircon - Rutile, 7 - Garnet amphibole, staurolite, turmaline, 8 - Concentrate of rutile, 9 - Middle product, 10 - Concentrate of zircon

A - Primary gravity concentration, B - Low intensity magnetic separation, C - Gravity concentration, D - Thermal conditioning, E - Electrodynamic separation (multiple)

minerałów nieprzejrzyistych: 24 - 56%, amfiboli 1 - 29% [1]. Ze względu na zmienny skład mineralogiczny, a głównie na występowanie oprócz kwarcu takich minerałów, jak granaty, amfibole, turmalin, staurolit, dysten, całkowite wydzielanie ich metodami grawitacyjnymi jest warunkiem otrzymania metodą elektryczną koncentratu rutylu i cyrkonu. W przypadku wdrażania technologii wzbogacania piasków morskich, konieczne będzie dodatkowe przeprowadzenie prób wzbogacania grawitacyjnego w skali półprzemysłowej.

6. Literatura

1. Łoziński J., Masicka H. - Badania minerałów ciężkich w piaskach plażowych Zatoki Gdańskiej. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego. Tom XXXII - 1962. Kraków 1962.
2. Łoziński J. - O składzie chemicznym monacytu z bałtyckich piasków plażowych. Polska Akademia Nauk, Komisja Nauk Mineralogicznych. Prace Mineralogiczne 16. Kraków.
3. Biernat J., Głowacz K., Łoziński J., Pilch W., Stachurski J. - Otrzymywanie handlowych koncentratów cyrkonu, ilmenitu i monacytu z krajowych piasków morskich. Przemysł Chemiczny t. 40, Nr 3, 1961.
4. Biernat J., Głowacz K., Łoziński J., Pilch W., Stachurski J. - Aktualne problemy wzbogacania krajowych piasków morskich. Zeszyty Naukowe AGH. Górnictwo Z. 8, Nr 43, 1963.
5. Patent Nr 44549 - K1 1c, 12, 1961.
6. Łuszczkiewicz A. - Technologiczna ocena możliwości wzbogacania piasków morskich Bałtyku. Prace Naukowe Instytutu Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej. Nr 51, 1984.
7. Czernichowski A. - Tytan, cyrkon, pierwiastki ziem rzadkich, wydobycie, główne zastosowanie... Prace Naukowe Instytutu Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej. Nr 51, 1984.
8. Wajda W. - Koncentracja minerałów ciężkich w Polskiej strefie konwencyjnej Bałtyku.... Prace Naukowe Instytutu Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej. Nr 51, 1984.
9. Gustkowicz S. i współautorzy. Możliwości pozyskiwania minerałów ciężkich z piaszczystych osadów dennych południowego Bałtyku. Prace Naukowe Instytutu Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej. Nr 51, 1984.

ABSTRACT

Pilch W., Stachurski J., Sztaba K., 1990. Investigations and possibilities of utilization of heavy minerals from Baltic beach sands. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 23; 71-79, (polish text).

In the paper the results of beneficiation of heavy minerals of the Baltic beach sands have been presented.

The mineral composition of the beach sands and the beneficiation flowsheets have been discussed. The technical and technological conditions of the separation of the beach sands have been pointed out. There are two methods of obtaining the final concentrates of zircon and rutil - flotation and electric method. Both have been discussed.

СОДЕРЖАНИЕ

Пильх В., Стахурски Я, Штаба К., 1990. Исследования и возможности использования тяжелых минералов из Балтийских пляжных песков. Физикохимические вопросы обогащения, 23, 71-79.

Доклад представляет результаты работ по извлечению тяжелых минералов из пляжных песков побережья Балтийского моря. Рассмотрены: минеральный состав этих песков и технологическая схема их обогащения, а также технические и технологические условия сепарации пляжных песков с целью получения кондиционированных концентратов рутилевого и цирконового. Для их выделения применялись флотацию и электродинамический метод обогащения.