

Andrzej ŁUSZCZKIEWICZ

Instytut Górnictwa
Politechniki Wrocławskiej

PROBY WYDZIELENIA KONCENTRATÓW ILMENITU I CYRKonu Z PIASKÓW MORSKICH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU

1. Wstęp

Piaski są to luźne skały okruchowe o wielkości ziarn od 0,1 do 1 mm. Są one jednym z produktów wietrzenia skał starszych [1]. Wietrzeniu skał towarzyszą procesy transportu i sedimentacji prowadzące do powstania złóż piasków. Złóża piasków są bardzo rozpowszechnione w strefie powierzchniowej skorupy ziemskiej zwłaszcza wśród utworów geologicznie młodszych. Złóża piasków zawierają najbardziej odporne chemicznie i mechanicznie minerały skałotwórcze, do których zalicza się głównie kwarc, granaty, ilmenit, cyrkon, rutyl, monacyt, turmalin, staurolit, epidot, dystryt, itp. Minerały te charakteryzują się wysokim stopniem uwolnienia i z wyjątkiem kwarcu wszystkie oznaczają się wysoką gęstością [2, 3].

Złóża piasków mogą być zatem stosunkowo łatwo dostępnym źródłem takich minerałów użytecznych jak ilmenit, cyrkon, rutyl i monacyt.

W świecie koncentraty tych minerałów uzyskiwane są głównie z piasków przybrzeżnych i morskich. Metody eksploatacji i wzbogacania piasków należą do jednych z najtańszych w porównaniu z innymi kopalinami. Dla ilustracji tego faktu w tabeli 1 zestawiono najniższe ekonomicznie wartości składników użytecznych dla niektórych kopalin uzyskiwanych z piasków i ze złóż pierwotnych [4].

Obserwowany w kraju deficyt surowców tytanu i cyrkonu zwrócił naszą uwagę na wielkie złóża piasków morskich południowego Bałtyku zalegających na niewielkich głębokościach pod powierzchnią wody w granicach tzw. polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku. Rozpoznanie geologiczno-surowcowe dna Bałtyku wykazało obecność znacznych złóż minerałów użytecznych w rejonie tzw. Ławicy Odrzańskiej i Słupskiej [5]. Oszacowane zasoby ilmenitu i cyrkonu w obu Ławicach mogłyby zaspokoić zapotrzebowanie krajowego przemysłu na te surowce na wiele dziesiątków lat [6, 7].

Celem tej pracy jest przedstawienie możliwości poszerzenia krajo-

wej bazy surowcowej o surowce tytanowe i cyrkonowe dotychczas całkowicie importowane z krajów kapitalistycznych. Surowce te są obecne w interesujących gospodarczo ilościach w piaskach morskich w tzw. frakcji minerałów ciężkich.

Tabela 1

Metal	Minimalna przemysłowa zawartość metalu w złożach	
	pierwotne	rozsypiskowe
Złoto	2-3 g/t	0,02 - 0,03 g/t
Platyna	1-1,5 g/t	0,015- 0,02 g/t
Cyna (w kasyterycie)	0,2-0,3 %	0,004- 0,006 %
Tytan (w ilmenicie)	5-8 %	0,2-0,8 %

W pracy starano się wykazać, że przy pomocy tanich metod wzbogacania można bezpośrednio wydzielić z piasków morskich wysokojakościowe koncentraty kolektywne cennych minerałów, które w dalszym etapie mogą być rozdzielone na handlowe koncentraty tych minerałów.

2. Materiały, urządzenia i metodyka

Badaniom przeróbczym poddano próbę piasku pobraną z południowo-wschodniej części Ławicy Odrzanej oraz próbę piasku pobraną ze zwałowiska piasku z Zakładu Krusz-Geo w Gdańsku. Tą ostatnią można traktować jako reprezentującą Ławicę Słupską gdyż stanowi piaszczysty odpad po wydzieleniu kruszywa z materiału eksploatowanego z Ławicy Słupskiej i przywożonego do zakładu przeróbczego w Gdańsku. Charakterystykę obu prób przedstawiono w tabeli 2 i 3.

Aparatura stosowana do badań obejmowała urządzenia do wzbogacania grawitacyjnego (separator strumieniowo-zwojowy i stół koncentracyjny typu Denver), separator magnetyczny typu Jones, separator elektrostatyczny typu Boxmag-Rapid.

Schematy prowadzenia prób wzbogacania pokazano na rys. 1 i 2. Wstępne wzbogacanie grawitacyjne dla próby piasku z Ławicy Odrzanej wykonano na separatorze strumieniowo-zwojowym następnie na stole koncentracyjnym. Natomiast próbę piasku z Ławicy Słupskiej, ze względu na jej mniejszą objętość, wstępnie wzbogacano jedynie na stole koncentracyjnym. Szczegółowy opis badań i dokładne schematy wykonanych prób przedstawiono w pracach: [7] (wykonanej w ramach problemu międzyresortowego I-17) oraz [8].

Tabela 2

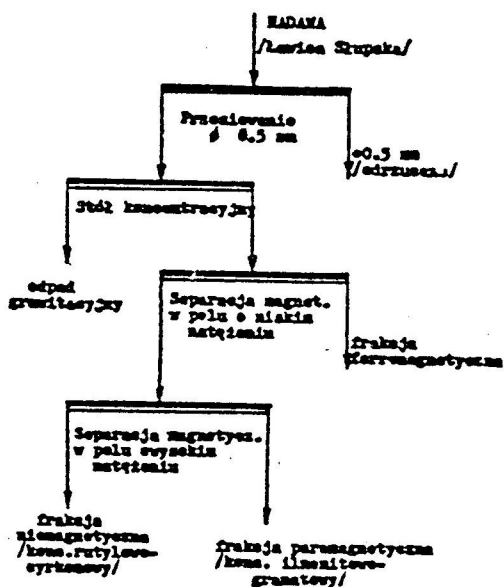
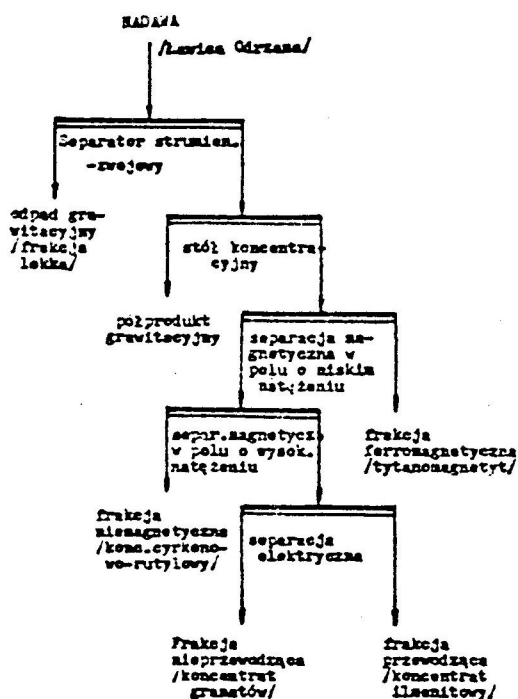
Charakterystyka prób piasków morskich

	Próba piasku z Ławicy Odrzanej	Próba piasku z Ławicy Słupskiej
1. Wielkość próby	500 kg	100 kg
2. Skład ziarnowy;		
+ 0,5 mm	2,0 %	23,6 %
- 0,5 + 0,2 mm	1,9 %	21,2 %
- 0,2 + 0,075 mm	95,3 %	54,1 %
- 0,075 mm	0,8 %	1,1 %
3. Zawartość frakcji minerałów ciężkich, %	3,0	2,2
4. Skład chemiczny; %		
zawartość TiO_2	0,55	0,42
zawartość Fe	0,76	0,70
zawartość ZrO_2	0,07	0,10

Tabela 3

Charakterystyka mineralogiczno-chemiczna frakcji
minerałów ciężkich w nadawie do badań wydzielonej w
czterobromoetanie (gęstość $3,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$)

Zawartość %	Frakcja ciężka z Ławicy Odrzanej	Frakcja ciężka z Ławicy Słupskiej
TiO_2	15,90	13,31
ZrO_2	2,24	5,40
Fe	17,95	18,23
Minerały nieprzeziroczyste	35,3	32,00
Cyrkon	5,8	9,8
Rutyl	2,2	2,0
Granaty	45,7	29,3
Inne minerały ciężkie	11,0	29,9



Jak wynika z danych tabel 1 i 2 próby piasku z Ławicy Odrzanej i Słupskiej zawierały odpowiednio 3,0 i 2,2 % frakcji minerałów ciężkich o gęstości powyżej $3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Frakcje te traktowane jako 100 % zawierały; ok. 43 % (ławica Odrzana) i ok. 41 % (ławica Słupska) cennych minerałów tzn. ilmenitu, cyrkonu i rutylu.

Skład ziarnowy obu prób znacznie się różnił. Piasek z Ławicy Słupskiej jest materiałem grubiej uziarnionym (ławica Słupska jest bowiem przede wszystkim złożem żwirów) i przed wzbogacaniem konieczne było odrzucenie klasy $+0,5 \text{ mm}$.

Wydzielenie kolektywnych koncentratów minerałów ciężkich przy pomocy separatora strumieniowo-zwojowego i stołu koncentryjnego wykazało doskonałą wzbogacalność badanych piasków. Otrzymano koncentraty o zawartości frakcji minerałów ciężkich; 98 % (próba z Ławicy Odrzanej) i 96 % (próba z ławicy Słupskiej) przy wychodach 2,3 i 1,8 % z uzyskiem frakcji ciężkiej w koncentracie wynoszącym odpowiednio 74 i 80 %.

Koncentraty grawitacyjne poddano następnie wzbogacaniu magnetycznemu. Separacja prowadzona przy stopniowo zwiększonym natężeniu pola magnetycznego doprowadziła do wydzielenia z obu koncentratów grawitacyjnych niewielkich frakcji ferromagnetycznych (zawierających głównie tytanomagnetyt) oraz dużych frakcji minerałów paramagnetycznych. Wydzielone frakcje paramagnetyczne zawierały głównie ilmenit i granaty w postaci wolnych ziarn. Świadczy to o zbliżonych właściwościach magnetycznych ilmenitu i granatów. Frakcja niemagnetyczna zawierała głównie cyrkon i pewną ilość rutylu oraz inne minerały ciężkie niemagnetyczne. Frakcja ta stanowi koncentrat cyrkonowo-rutylowy. Koncentratu tego nie rozdzielano na prezentowanym tu etapie badań.

Frakcję paramagnetyczną z koncentratu z Ławicy Odrzanej (koncentrat ilmenitowo-granatowy) poddano separacji elektrycznej, wydzielając koncentrat ilmenitowy jako frakcję przewodzącą i produkt nieprzewodzący stanowiący koncentrat granatów. Koncentrat ilmenitowy wzbogacano do zawartości ok. 48 % TiO_2 choć jest możliwe, jak stwierdzono, podniesienie jego jakości nawet do zawartości 60 % TiO_2 jednak przy silnym spadku uzysku. Fakt ten świadczy o tym, że główne minerały tytanu w materiale to oprócz ilmenitu także pewne formy przejściowe między ilmenitem i rutylem (leukoksen).

Bilanse całkowite opisanych doświadczeń wykonane na podstawie analiz chemicznych zestawiono w tabelach 4 i 5. Bilanse rutylu i granatów oparte na analizach mineralogicznych pokazano w tabeli 6 i 7.

Uzyski głównych składników użytecznych w otrzymanych koncentratach należy uznać jako wysokie mając na uwadze ich zawartości w nadawie (tabela 1).

Tabela 4

Całkowity bilans wzbogacania grawitacyjnego, magnetycznego i elektrycznego próby piasku morskiego z ławicy odrzanej według analiz chemicznych

Lp.	Produkt	Frakcja	Wychód	Tytan		Żelazo		Cyrkon	
				TiO ₂ , %	uzytek	Fe, %	uzytek	ZrO ₂	uzytek
1.	Konc. magnetytowy	silnie magn.	0,023	32,89	1,38	32,25	0,97	-	-
2.	Konc. ilmenitowy	elektr. przewodząca	0,625	48,18	54,85	27,75	22,68	0,061	0,58
3.	Konc. granatów	dielektryczna	1,219	6,81	15,12	19,20	30,61	0,035	0,65
4.	Konc. cyrkon-rutyl	niemagnetyczna	0,380	7,28	5,04	0,61	0,30	16,44	95,49
5.	Półprod. grawitacyjny	odp. czyszcz. grawit.	15,913	0,30	8,70	0,59	12,26	0,014	3,28
6.	Odpad grawitacyjny	lekka	81,840	0,10	14,91	0,31	33,18	-	-
7.	Piasek morski	nadawa	100,00	0,55	100,0	0,76	100,0	0,065	100,0

Tabela 5

Całkowity bilans wzbogacania próby piasku z Ławicy Szupskiej według analiz chemicznych

Produkt	Frakcja	Wychód %	Tytan		Żelazo		Cyrkon	
			zawart.	uzytek	zawart.	uzytek	zawart.	uzytek
1. Koncentrat magnetytowy	ferromagnet.	0,070	26,00	4,33	46,52	4,65	-	-
2. Konc. ilmenitowo-granatowy	paramagnet.	1,126	24,52	65,52	30,12	48,49	0,72	7,12
3. Konc. cyrkonowo-rutylowy	niemagnet.	0,634	5,11	7,71	0,71	0,64	16,67	92,88
4. Półprodukt grawitacyjny	odp. czyszcz. grawitacyj.	10,55	0,22	5,53	0,74	11,16	-	-
5. Odpad grawitacyjny	lekka	87,62	0,08	16,69	0,28	35,06	-	-
6. Nadawa		100,00	0,42	100,00	0,70	100,00	0,10	

Tabela 6

Całkowity bilans wzbogacania piasku morskigo z Ławicy Odrzanej
według oznaczeń mineralogicznych rutyli i granatów

Produkt	Wychód %	Rutyl		Granaty	
		zawartość, %	uzysk, %	zawartość, %	uzysk, %
1. Kono. tytano-magnetytowy	0,023	-	-	1,0	0,02
2. Kono. ilmenitowy	0,625	0,12	1,77	7,09	3,81
3. Kono. granatów	1,219	1,10	31,63	63,31	66,33
4. Kono. cyrkon-rutyl	0,380	1,43	66,60	3,09	1,01
5. Półprodukt grawitacyjny	15,912	-	-	1,08	14,76
6. Odpad grawitacyjny	81,840	-	-	0,2	14,07
7. Nadawa		0,04		1,16	

Tabela 7

Całkowity bilans wzbogacania piasku z Ławicy Słupskiej
według oznaczeń mineralogicznych rutyli i granatów

Produkt	Wychód %	Rutyl		Granaty	
		zawartość, %	uzysk, %	zawartość, %	uzysk, %
1. Kono. tytano-magnetytowy	0,070	-	-	8,11	0,72
2. Kono. ilmenitowo-granatowy	1,126	0,12	4,10	46,29	68,60
3. Kono. cyrkonowo-rutylowy	0,634	5,00	95,90	0,14	0,11
4. Półprodukt grawitacyjny	10,550	-	-	1,30	17,30
5. Odpad grawitacyjny	87,620	-	-	0,12	13,27
6. Nadawa	100,00	0,033	100,00	0,79	100,00

4. Podsumowanie

Piaski morskie z rejonu Ławicy Odrzanej i Słupskiej zawierają minerały ciężkie; ilmenit, cyrkon rutyl, granaty a także inne nie zaliczane do użytecznych. Wstępne badania nad wzbogacaniem prób piasku pobranych z Ławicy Odrzanej i Słupskiej wykazały łatwość wydzielania metodami grawitacyjnymi koncentratów minerałów ciężkich zawierających; 18,7 % TiO_2 i 2,8 % ZrO_2 (Ławica Odrzana) oraz 17,8 % TiO_2 i 6,2 % ZrO_2 (Ławica Słupska).

Koncentraty te można rozdzielić metodami magnetycznymi i elektrycznymi na koncentraty poszczególnych głównych minerałów użytecznych.

LITERATURA

- [1] Bolewski A., Mineralogia i petrografia. Poradnik Górnika T. 1, wyd. Śląsk, Katowice 1972.
- [2] Polkin S.I., Obogaśnienie rud i rossypej redkich metallo, izd. Nedra, Moskva 1967.
- [3] Baker G., Detrital heavy minerals in natural accumulates., The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne 1962.
- [4] Łuszczkiewicz A., Technologiczna ocena możliwości wzbogacania piasków morskich Bałtyku. Mat. Konf. "Eksploracja minerałów ciężkich południowego Bałtyku", Karpacz 1981, Politechnika Wrocławska.
- [5] Wajda W., Koncentracje minerałów ciężkich w polskiej strefie konwencyjnej Bałtyku., ibid. 4.
- [6] Łuszczkiewicz A., Piaski morskie południowego Bałtyku jako źródło ilmenitu i cyrkonu, XVI Krakowska Konf. Nauk.-Tech. Przeróbki Kopalin, AGH, Kraków 1982, 21.
- [7] Łuszczkiewicz A., Określenie możliwości otrzymywania koncentratów ilmenitowych i cyrkonowych z piasków morskich z Ławicy Odrzanej. Raport Nr; I-11/S-148/82, cz. II, Politechnika Wrocławska, Wrocław 1982.
- [8] Łuszczkiewicz A., Określenie możliwości wzbogacania piasków morskich z Ławicy Słupskiej i Odrzanej., Raport Nr: I-11/S-174/83. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1983.

PRELIMINARY INVESTIGATIONS ON PROCESSING OF ILMENITE
AND ZIRCON BEARING SANDS FROM SOUTH BALTIC SEA ACCUMULATES

Processing results of two marine sands samples coming from Ławica Słupska and Ławica Odrzana Deposits containing 3,0 and 2,2 pct of heavy minerals are presented in the paper. The samples tested contained minerals in the size fraction of 0.2-0.075 mm in diameter. The samples were preconcentrated on Humphrey's spirals and concentrating tables; then processed by means of magnetic and high tension separations. Commercial ilmenite concentrates (conductive fractions), garnet concentrates (nonconductive fractions) and a zircon-rutile byproduct (nonmagnetic fractions) were obtained with a good recovery.