

Stanisław BŁASZCZYŃSKI*
Janusz STEINHOFF*
Anna ŚWIERKOT-KAPAŁA*
Mirosław KURZYCA*

PÓLTECHNICZNA WERYFIKACJA BADAŃ LABORATORYJNYCH NAD POZYSKIWIANIEM MINERAŁÓW CIĘŻKICH Z PIASKU MORSKIEGO Z ŁAWICY ODRZANEJ

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań z zastosowaniem urządzeń w skali technicznej i półtechnicznej, które miały na celu weryfikację badań w skali laboratoryjnej oraz wyprodukowanie koncentratów ilmenitu, rutylu, cyrkonu i granatów w dużych ilościach umożliwiających testowanie ich przydatności u przyszłych odbiorców. Do zrealizowania tych badań użyto próbkę piasku surowego z ławicy Odrzanej o masie 30 ton. Uzyskano pozytywne rezultaty tych badań.

1. Wprowadzenie

Złoża piasków morskich zalegające dno Bałtyku w rejonach Ławic Słupskiej i Odrzanej, zawierają znaczne ilości (około 5 % mineralów ciężkich [2,4,9], takich jak: ilmenit, rutyl, cyrkon, granaty, monacyt i inne.

W początkach lat osiemdziesiątych w Politechnice Śląskiej i Politechnice Wrocławskiej podjęto prace nad określeniem możliwości odzyskiwania tych mineralów. Badania prowadzono na różnej wielkości próbach piasków, pobieranych wielokrotnie z różnych obszarów Morza Bałtyckiego, w oparciu o wskazówki Przedsiębiorstwa Geologicznego (Oddział Geologii Morza) w Sopocie. Przeprowadzono cały szereg laboratoryjnych prób ich rozdziału [1,3,5,8], opracowując w efekcie pełną technologię przeróbczą [6]. Ostatnim etapem cyklu badawczego była weryfikacja uzyskanych wyników w skali półtechnicznej, mająca jednocześnie na celu wyprodukowanie większych ilości koncentratów ilmenitu, rutylu, cyrkonu i granatów, celem przetestowania przez potencjalnych odbiorców przemysłowych. Niniejsze opracowanie obejmuje wyniki tej weryfikacji. Próbkę w skali półtechnicznej, a w pewnych

*Instytut Przeróbki Kopalin Politechniki Śląskiej, Gliwice

fragmentach technologii w skali technicznej, przeprowadzono rozdzielając 30 ton piasku morskiego pobranego z ławicy Odrzanej przez PRCiP w Szczecinie na zlecenie COBPGO "POLTEGOR" we Wrocławiu.

Przy tak dużej masie surowca możliwe było stworzenie warunków podobnych przemysłowych, co pozwoliło określić realne trudności oraz wyniki w tej skali.

2. Charakterystyka piasku surowego

Oznaczona zawartość minerałów ciężkich ($\rho > 2,95 \text{ g/cm}^3$) w badanej próbce wynosiła 5,49 %. Wyniki analizy sitowej, oraz zawartości minerałów ciężkich oraz ich uzyski w poszczególnych klasach badanego piasku przedstawiono w tabeli 1, a wyniki oznaczeń chemicznych głównych składników w tabeli 2.

Fracje minerałów ciężkich tworzą: granaty, cyrkon, rutil, ilmenit, magnetyt, tytanomagnetyt oraz w niewielkich ilościach inne minerały ciężkie. Skład mineralogiczny tej frakcji oraz charakterystykę fizyczną poszczególnych minerałów przedstawiono w tabeli 3.

Tab.1. Wyniki analizy sitowej i zawartości minerałów ciężkich w poszczególnych klasach ziarnowych, dla próby piasku z ławicy Odrzanej.

L. p.	Klasa ziarnowa [mm]	Wychód γ %	Zawartość minerałów ciężkich β %	Uzysk minerałów ciężkich ϵ %
1	>1,000	-	-	-
2	1,000 - 0,400	4,89	0,24	0,22
3	0,400 - 0,315	12,07	0,99	2,24
4	0,315 - 0,250	22,15	0,59	2,44
5	0,250 - 0,200	10,84	1,47	2,98
6	0,200 - 0,160	31,84	4,38	26,07
7	0,160 - 0,100	17,13	15,59	49,92
8	< 0,100	1,08	79,93	16,14
	Suma	100,00		
	średnia, α		5,35	100,00

Tab.2. Wyniki podstawowych analiz chemicznych dla próby piasku z ławicy Odrzanej.

Zawartość, %			
Fe	Ti O ₂	Zr	ΣTR ₂ O ₃
1,12	1,48	0,16	- 0,1

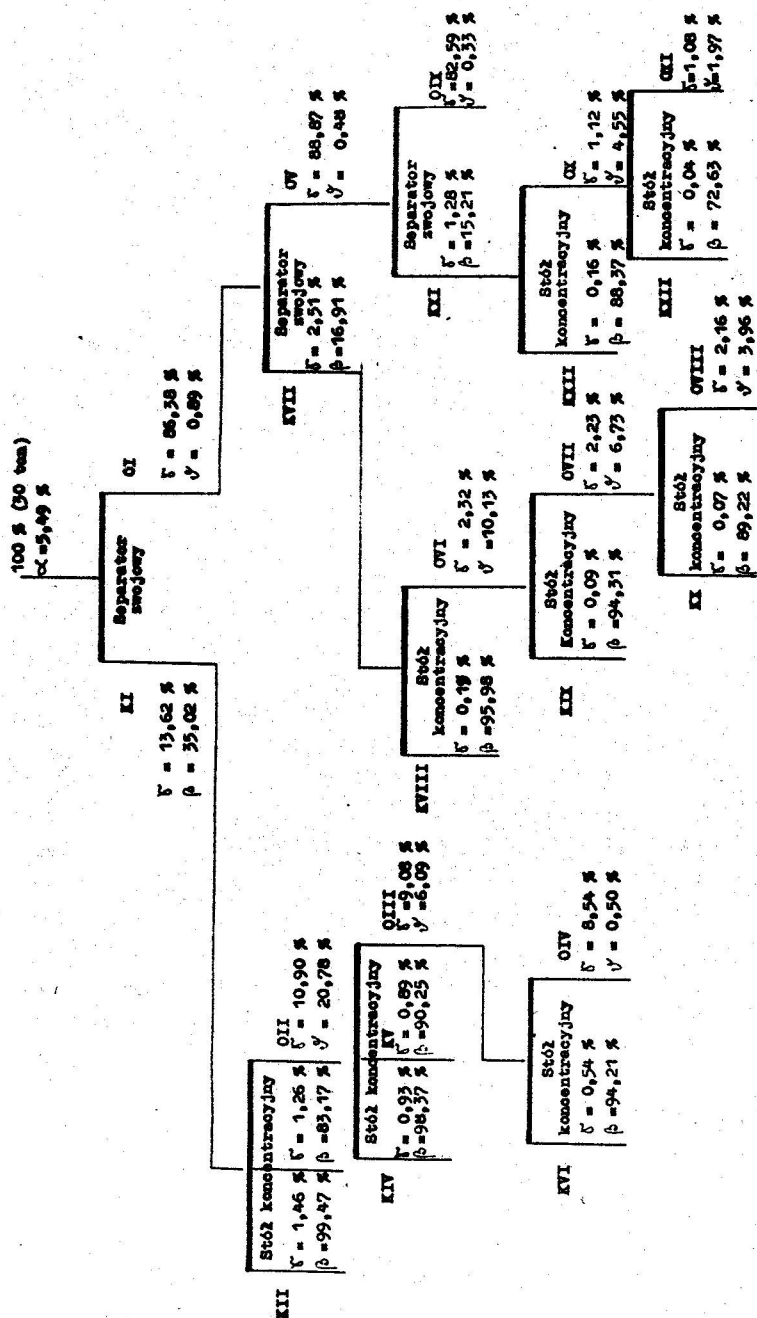
Tab. 3. Skład mineralogiczny frakcji ciężkiej piasku wraz z własnościami fizycznymi poszczególnych minerałów. [7]

MINERAŁ	UDZIAŁ %	Gęstość g/cm ³	Podatność magnetyczna	Oporność właściwa Ω·cm	Przenikalność dielektryczna
ilmenit	31,8	~ 4,7	$(113+250) \cdot 10^{-6}$	0,1+400	34+81
magnetyt	1,7	~ 5,2	$(0,3+1,0) \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-5} + 10^4$	33,7+81
tytano- magnetyt					
rutyl	3,8	~ 4,2	$(0,8+2,0) \cdot 10^{-6}$	~ $4 \cdot 10^{-4}$	31+120
cyrkon	11,5	~ 4,7	$(1,1+1,4) \cdot 10^{-6}$	~ 10^{12}	8,6+12
granaty	40,8	3,4+4,3	$(60+160) \cdot 10^{-6}$	~ 10^{12}	~ 5,0

3. Wzbogacanie grawitacyjne piasku z ławicy Odrzanej

W zakresie wzbogacania grawitacyjnego zastosowano urządzenia w skali technicznej - separator zwojowy Humpfrey'a oraz sześciopokładowy stół koncentracacyjny typu SK-31. Wstępne wzbogacanie piasku morskiego o zawartości 5,49 % minerałów ciężkich przeprowadzono w separatorze Humpfrey'a. W wyniku tego rozdzielu uzyskano koncentrat o wychodzie 13,62 % i zawartości minerałów ciężkich 35,02 % oraz odpady o wychodzie 86,38 % i zawartości minerałów ciężkich 0,89 %. Koncentrat wzbogacano trójstopniowo na stole koncentracacyjnym, wydzielając na każdym stopniu finalny koncentrat oraz odpady poddawane kolejnemu wzbogacaniu. W wyniku tego wzbogacania uzyskano koncentrat w ilości 5,08 % o zawartości minerałów ciężkich 93,05 %, oraz odpady w ilości 8,54 % o zawartości minerałów ciężkich 0,50 %.

Odpady z pierwszego stopnia wzbogacania w separatorze Humpfrey'a zostały poddane wtórnemu wzbogacaniu na drugim i trzecim stopniu z zastosowaniem tego samego separatora. Odpady z trzeciego stopnia wzbogacania stanowiły produkt ostateczny o wychodzie 82,59 % i zawartości minerałów ciężkich 0,33 %. Koncentrat z drugiego stopnia był natomiast poddany trójstopniowemu wzbogacaniu na stole koncentracacyjnym w wyniku czego otrzymano sumaryczny produkt w ilości 0,35 % i zawartości minerałów ciężkich 94,20 %, oraz odpady w ilości 2,16 % o zawartości minerałów ciężkich 3,96 %. Koncentrat z trzeciego stopnia był poddany dwustopniowemu wzbogacaniu na stole koncentracacyjnym, w wyniku którego otrzymano sumaryczny koncentrat o wychodzie 0,20 % i zawartości minerałów ciężkich 85,22 %. Ostateczne odpady z tej operacji



Rys. 1. Schemat wzbogacania grawitacyjnego pianki surowego z Lawicy Odrzańskiej.

Fig. 1. Diagram of the gravitational environment of raw sand from an Odra river shoal.

Tab.4. Skład mineralogiczny produktów udziału koncentratu kolektywnego minerałów ciężkich.

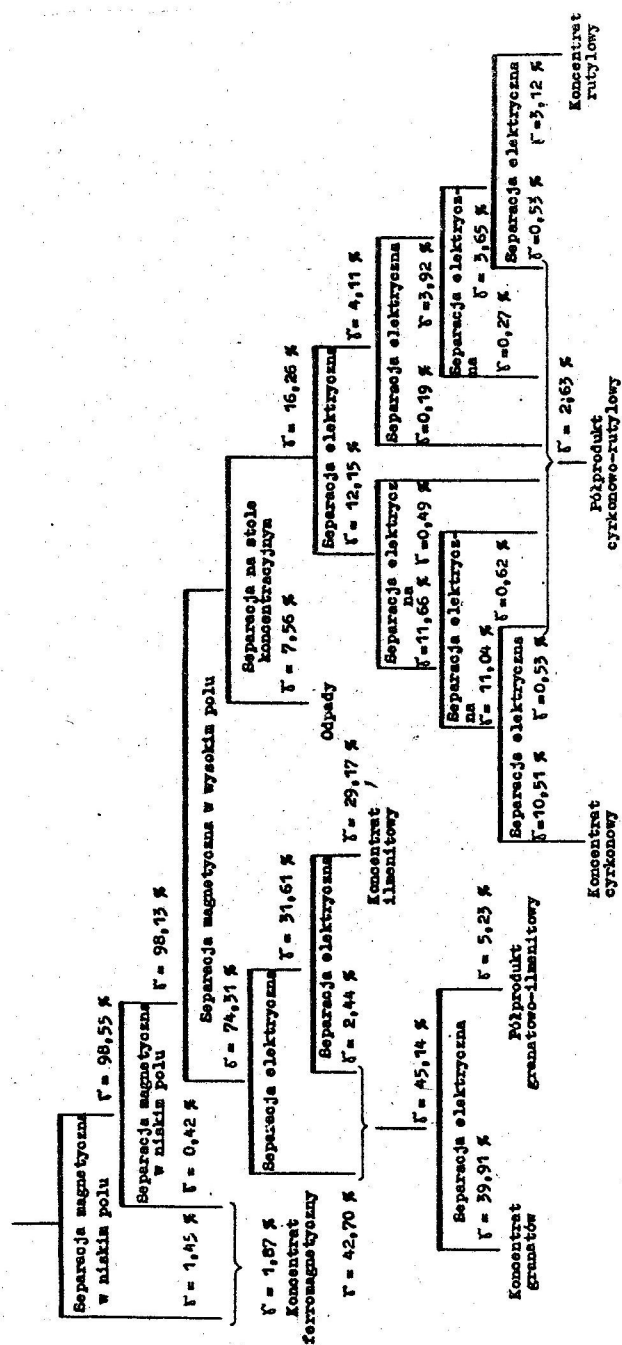
Produkt	Zawartość [%]					Magnetyt+ Tytanomagnetyt
	Krzemionka	Ilmenit	Granaty	Rutyl	Cyrkon	
A	0,2	3,7	4,6	0,2	0,6	85,9
C	1,4	0,3	93,6	0,1	1,8	---
B	0,1	96,2	1,6	0,5	0,1	---
F	0,9	47,6	43,8	0,8	0,8	---
H	84,8	0,7	0,9	3,3	8,9	---
D	1,1	0,8	7,1	2,5	87,3	---
E	0,1	10,8	0,3	83,9	4,7	---
G	1,1	21,8	22,2	27,1	26,7	---
Nadawa	7,2	31,8	40,8	3,8	11,5	1,7

Tab.5. Wyniki oznaczeń chemicznych produktów rozdziału koncentratu kolektywnego

Produkt	γ [%]	TiO_2		ZrO_2		Fe	
		β [%]	ϵ [%]	β [%]	ϵ [%]	β [%]	ϵ [%]
A	1,87	37,3	3,52	-	-	43,4	3,83
B	29,17	48,6	67,51	0,1	0,36	32,8	45,13
C	39,91	3,3	6,27	1,2	5,91	22,0	41,42
D	10,51	0,2	0,1	62,8	81,49	0,2	0,10
E	3,12	91,4	13,58	2,7	1,4	3,6	0,53
F	5,23	21,7	5,40	0,7	0,45	36,4	8,98
G	2,63	28,4	3,56	31,5	10,23	1,4	0,17
H	7,56	0,1	0,04	0,2	0,19	0,2	0,07
Nadawa z bilansu	7,2	21,0		8,1		21,2	

LEGENDA:

- A - Koncentrat tytanomagnetytowy
- B - Koncentrat ilmenitowy
- C - Koncentrat granatów
- D - Koncentrat cyrkonowy
- E - Koncentrat rutylowy
- F - Półprodukt ilmenitowo-granatowy
- G - Półprodukt cyrkonowo-rutylowy
- H - Odpady



Rys. 2. Schemat rozdzielu koncentratu kolektynowego minerałów ciężkich.

Fig. 2. Diagram of the separation of a collective concentrat of heavy minerals.

otrzymano z wychodem 1,08 % a zawartość minerałów ciężkich 1,97 %. Pełny schemat omawianego wyżej wzbogacania przedstawiono na rys. 1.

W wyniku przeprowadzonego wzbogacania grawitacyjnego 30 tonowej próby piasku surowego otrzymano 5,63 % koncentratu o zawartości minerałów ciężkich 92,84 %, oraz odpady w ilości 94,37 % o zawartości minerałów ciężkich 0,45 %.

4. Rozdział kolektywnego koncentratu minerałów ciężkich

Koncentrat kolektywny minerałów ciężkich uzyskany na drodze wzbogacania grawitacyjnego o masie 1,6 tony, poddano rozdziałowi na koncentraty poszczególnych minerałów użytecznych z wykorzystaniem separatorów magnetycznych i separatora elektrycznego.

Pierwszy etap rozdziału stanowiła separacja magnetyczna w polu o niskim natężeniu, której celem było wydzielenie składników silnie magnetycznych (magnetyt, tytanomagnetyt). Separację tę prowadzono dwustopniowo, przy użyciu separatora bębnowego z magnesami trwałymi. W wyniku tej separacji uzyskano produkt magnetyczny w ilości 1,87 %, oraz produkt niemagnetyczny, który poddano separacji magnetycznej w polu o wysokim natężeniu. W wyniku rozdziału prowadzonego w separatorze typu Jones P-40 firmy Humboldt-Wedag otrzymano produkt o własnościach słabo magnetycznych (granatowo - ilmenitowy) w ilości 74,31 %, oraz produkt niemagnetyczny (cyrkonowo - rutyłowy).

Obydwa produkty poddano dalszemu rozdziałowi w separatorze elektrycznym bębnowym, w którym elektryzacja następuje w polu wyładowania ulotowego. Produkt diamagnetyczny rozdzielało trójstopniowo uzyskując koncentraty: granatowy i ilmenitowy w ilościach odpowiednio 39,91 % i 29,17 %. Produkt diamagnetyczny przed ostatecznym rozdziałem poddano czyszczeniu na stole koncentracyjnym. Operacja ta miała na celu usunięcie pozostałości krzemionki (ok. 7 % w stosunku do koncentratu kolektywnego). Oczyszczony produkt cyrkonowo - rutyłowy (zawartość minerałów ciężkich 99,3 %) rozdzielało, poddając go czterostopniowej separacji elektrycznej. W wyniku tego rozdziału uzyskano koncentrat cyrkonu w ilości 10,51 %, koncentrat rutyłu w ilości 3,12 % oraz półprodukt cyrkonowo - rutyłowy w ilości 2,83 %.

Pełny schemat ilościowy wyżej opisanego rozdziału koncentratu kolektywnego (koncentrat grawitacyjny) przedstawiono na rys. 2, skład mineralogiczny produktów rozdziału w tabeli nr 4, a bilans operacji według oznaczeń chemicznych w tabeli nr 5.

5. Podsumowanie wyników badań

Przeprowadzona separacja minerałów ciężkich na drodze grawitacyjnej - separator zwojowy, stół koncentracijny - w skali technicznej, potwierdziła wysoką skuteczność tych metod w odniesieniu do badanego piasku, co wyraża się uzyskanym wysokoprocentowym koncentratem - 92,84 % minerałów ciężkich, przy uzysku 98,21 %. Rozdział tego koncentratu metodami separacji magnetycznej i elektrycznej pozwolił na uzyskanie koncentratów podstawowych minerałów użytecznych o parametrach wymaganych. W wyniku przeprowadzonych badań z około 30 tonowej próby piasku otrzymano:

ponad 600 kg koncentratu granatów (zawartość granatów 93,6 %)
około 450 kg koncentratu ilmenitowego (zawartość ilmenitu 96,2 %)
około 170 kg koncentratu cyrkonowego (zawartość cyrkonu 87,3 %)
oraz 50 kg koncentratu rutylu (zawartość rutylu 83,9 %).

Zasadniczym celem wyżej omawianych badań było wyprodukowanie większych ilości poszczególnych koncentratów dla przeprowadzenia testów ich przydatności przez potencjalnych odbiorców.

6. Literatura

1. Błaszczyszki S., Steinhoff J., Świerkot-Kopała A.: Badania nad wydzielaniem koncentratów kolektywnych z piasków morskich południowego Bałtyku na drodze separacji grawitacyjnej. Sprawozdanie z prac naukowo-badawczych Instytutu Przeróbki Kopalin Politechniki Śląskiej, realizowanych w latach 1980-1987 w ramach problemu międzyresortowego 1/17 oraz C.P.B.P. Nr 03.07.
2. Kotliński R. Masłowska M.: Perspektywy występowania podmorskich złóż surowców okrzemkowych w polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku. Materiały CVII Sesji Naukowej Instytutu Geologicznego, Gdańsk 1984.
3. Kurzycza M.: Rozdział koncentratu kolektywnego minerałów ciężkich na drodze separacji magnetycznej i elektrycznej. Sprawozdanie z prac naukowo-badawczych Instytutu Przeróbki Kopalin Pol. Śląskiej realizowanych w latach 1980-1987 w ramach problemu międzyresortowego 1/17 oraz C.P.B.P. Nr 03.07.
4. Łuszczkiewicz A.: Piaski morskie południowego Bałtyku jako źródło ilmenitu i cyrkonu. Materiał XVI Krakowskiej Konferencji Naukowo-Technicznej Przeróbki Kopalin. AGH Kraków, 1982.
5. Łuszczkiewicz A., Kurzycza M.: Wydzielanie ilmenitu z produktów przeróbki piasków drogą wzbogacania elektrycznego. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, t. 18, 1986.
6. Łuszczkiewicz A., Kurzycza M., Steinhoff J., Świerkot-Kopała A.: Ocena

możliwości pozyskiwania minerałów ciężkich z piasków ławic Słupskiej i Odrzanej. Przegląd Górniczy Nr 10, 1988.

7. Praca zbiorowa: Sprawocnik fiziceskich svoistv gornych porod. Moskwa, Nedra, 1975.

8. Steinhoff J., Kurzyca M.: Wzbogacanie piasków morskich zalegających rejon ławicy Odrzanej. Materiały konferencyjne IV Gliwickiego Sympozjum Teorii i Praktyki Procesów przeróbczych, Gliwice 1985.

9. Wajda W.: Koncentracja minerałów ciężkich w polskiej strefie konwencyjnej Bałtyku ze szczególnym uwzględnieniem rejonu ławicy Odrzanej. Prace Naukowe Instytutu Chemii Nieorganicznej Metali Pierwiałków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej, Nr 51, 1984.

ABSTRACT

Błaszczczyński S., Steinhoff J., Świerkot-Kopała A., Kurzyca M., 1990. Pilot-plant verification of laboratory investigations on heavy minerals extraction from Odra river shoal sands. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 23; 81-89 (polish text)

The paper presents results of investigations - applying installations on the industrial and pilot-plant scale - with the purpose of verifying laboratory scale investigations and producing concentrates of ilmenite, rutile, zircon and garnet in large quantities which would make it possible to test their usability by their future consumers.

In order to realize these investigations 30 tons of raw sand from an Odra river shoal were used, obtaining positive test results.

СОДЕРЖАНИЕ

Блащынски С., Стейнхофф Я., Сверхот-Копала А., Куржыца М., 1990. Полутехническая верификация лабораторных исследований обогащения тяжелых минералов из морских песков из Одерной Лабицы. Физикохимические вопросы обогащения. 23; 81-89.

Представлено результаты исследования с применением устройств технического и полутехнического масштаба с целью верификации лабораторных исследований а также получения концентратов ильменита, рутила, циркона и гранатов в больших количествах для произведения тестов их пригодности у будущих потребителей. Для реализации этих целей переработано образец сырого песка массой 30 тонн.