

Marian Bela
Tadeusz Cisek,
Zenobia Kopka,
Józef Śliwa

SKŁADOWANIE W OTWARTYM TERENIE ODPADÓW POFLOTACYJNYCH RUD METALI NIEŻELAZNYCH I OCENA ICH WŁASNOŚCI FIZYKOMECHANICZNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych odpadów poflotacyjnych pochodzących z zakładów przerobczych Kombinatu Górniczo-Hutniczego "Orzeł Biały" w Brzezinach Śląskich. Badaniami objęto: uziarnienie, ciężar właściwy i objętościowy, wilgotność naturalną i optymalną, maksymalne ciężary objętościowe szkieletu oraz kąty tarcia wewnętrznego i spójności. Przedmiotowe cechy w sposób zasadniczy określają warunki ekonomicznego i bezpiecznego składowania.

Przyjęta metodyka badań pozwoliła również na określenie zbieżności i różnic cech badanych materiałów w zestawieniu z cechami gruntów mineralnych o odpowiednim uziarnieniu.

1. Wstęp

Podstawową metodą wzbogacania rud metali nieżelaznych stosowaną w naszych zakładach przerobczych jest flotacja, z której uzyskujemy koncentrat rudy oraz duże ilości odpadów.

Ważny jest więc problem właściwego, bezpiecznego i ekonomicznie uzasadnionego składowania odpadów poflotacyjnych. Z tych powodów zachodzi konieczność szczegółowego rozeznania właściwości fizykomechanicznych tego typu odpadów.

W niniejszej pracy podano metodykę i wyniki badań odpadów poflotacyjnych pochodzących z zakładów przerobczych Kombinatu Górniczo-Hutniczego "Orzeł Biały" w Brzezinach Śląskich.

2. Badania właściwości fizykomechanicznych

Podstawą przyjęcia odpowiedniej metodyki badań była analiza makroskopowa odpadów oraz analiza przebiegu materiału w całym procesie przerobczym. Z teoretycznych założeń metody flotacji (metody fizykochemicznej) wynika, że ziarna materiału poddawane wzbogacaniu powinny mieć średnice mniejsze od 0,2 mm [2]. Tak więc w procesie przygotowawczym kopalina poddawana jest kruszeniu i mieleniu w młynach kulowych, a klasyfikacja hydrauliczna zabezpiecza przed wprowadzeniem do flotacji cząstek o większych średnicach.

Odpady poflotacyjne z zakładów przerobczych tłoczy się rurociągami do hydrocyklonów zagęszczająco - klarujących, usytuowanych na obwałowaniach osadników. Wylęw o koncentracji około 80% (zawierający ziarna o średnicach

0,2 ÷ 0,02 mm) służy do usypywania obwałowań osadników, natomiast cząstki drobniejsze wraz z wodą kierowane są do osadników grawitacyjnych [3]. Ocena makroskopowa oraz powyższa analiza wskazują na podobieństwo odpadów poflotacyjnych, z których budowane są obwałowania osadników, do drobnoziarnistych gruntów mineralnych. To spostrzeżenie było podstawą przyjęcia metodyki badań stosowanej przy badaniach gruntów budowlanych. Płaszczyzną porównań są normy opracowane dla gruntów budowlanych.

Badania laboratoryjne materiału obwałowań osadników (frakcje grube odpadów poflotacyjnych) dotyczyły następujących cech fizykomechanicznych: uziarnienia, ciężaru właściwego, ciężaru objętościowego, wilgotności naturalnej, wilgotności optymalnej, maksymalnej wartości ciężaru objętościowego szkieletu oraz kątów tarcia wewnętrznego i spójności [1].

2.1. Wyniki badań

2.1.1. Uziarnienie

Seria badań laboratoryjnych składu granulometrycznego materiału obwałowań osadników (17 próbek) pozwoliła ustalić obszar krzywych uziarnienia (rys. 1). Odpady złożone są jedynie z dwóch frakcji - piaskowej i pyłowej, odpowiadają piaskom drobnym i pylastym, równoziarnistym.

Pojedyncze ziarna i cząstki mają bardzo nieregularny kształt o ostrych, szorstkich krawędziach.

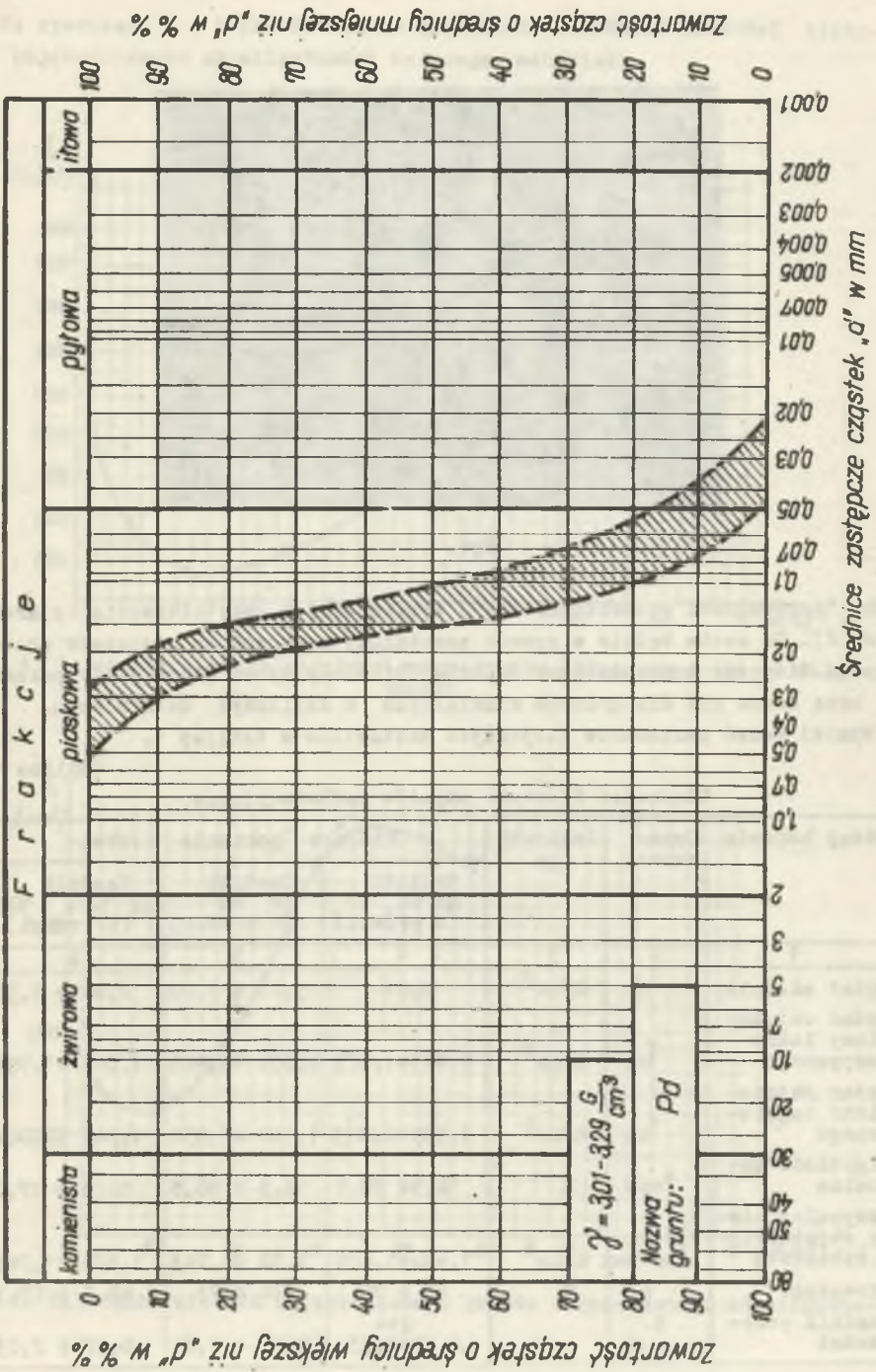
Na rys. 2 przedstawiono fotografię powiększenia mikroskopowego ziaren materiału powietrzno-suchego.

2.1.2. Ciężar właściwy, ciężar objętościowy, porowatość

Określone badaniami ciężary właściwe odpadów poflotacyjnych mają wartości mieszczące się w przedziale 2,82 ÷ 3,29 G/cm³, [1], a więc większe od ciężarów właściwych gruntów mineralnych odpowiednich frakcji. Badane odpady zawierają bowiem jeszcze związki ciężkich metali (żelazo, ołów, cynk). Ciężary objętościowe odpadów zależą od wilgotności i zagęszczenia. Dla stanu luźnego przedział wartości jest duży i wynosi od 0,833 do 1,99 G/cm³. Dolna wartość jest dużo niższa niż dla odpowiedniego gruntu, a górna jest wyższa. Dla odpadów zagęszczonych wartości te kształtują się w przedziale 1,555 ÷ 2,038 G/cm³, a więc i w tym przypadku nie odpowiadają odpowiednim parametrom gruntów mineralnych.

Dla różnych stanów zagęszczenia i zawilgocenia porowatość materiału mieści się w przedziale $n = (40 \div 73)\%$. Są to wielkości znaczne, odpowiadające wskaźnikowi porowatości odpowiednio $\xi = 0,67 \div 2,7$. Badany materiał wykazuje więc dużą porowatość nawet w stanie znacznego zagęszczenia.

Zaobserwowane zależności można uznać za charakterystyczne dla badanego materiału. Całkowita porowatość zależy tutaj od wzajemnego ułożenia względem siebie ziaren i cząstek (zagęszczenia) oraz od "porowatości własnej"



Rys. 1. Obszar krzywych usiarnienia



Rys. 2

(lub "porowatości powierzchniowej") wynikającej z ukształtowania ziaren (rys. 2). Ta cecha będzie w sposób zasadniczy rzutować na pozostałe właściwości fizyczne i mechaniczne odpadów poflotacyjnych. Odpowiednie parametry będą różne niż dla gruntów mineralnych o zbliżonym uziarnieniu.

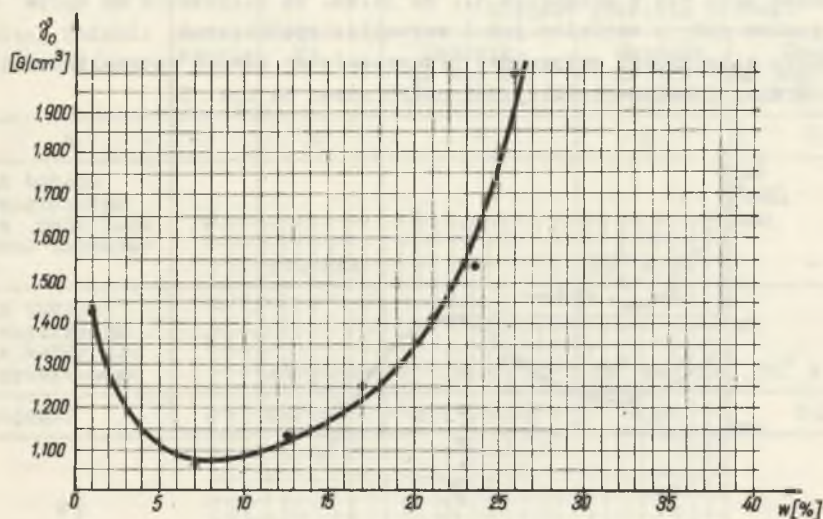
Wyniki badań parametrów fizycznych zestawiono w tabelicy 1.

Tabelica 1

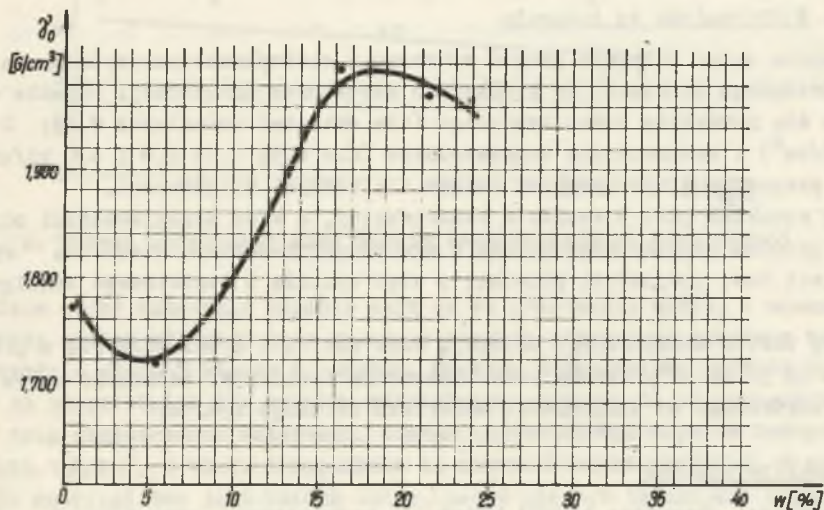
Własności fizyczne odpadów poflotacyjnych

Rodzaj badania	Oznaczenie	Jednostka	Miejsce pobrania próbek		
			Osadnik nr 66, 67 (4 próbki)	Osadnik nr 69 (8 próbek)	Osadnik nr 102a i 102b (6 próbek)
1	2	3	4	5	6
Ciężar właściwy	γ	G/cm ³	3,01	3,00 ÷ 3,29	2,82 ÷ 2,95
Ciężar objętościowy luźno - usypanego	γ_{ol}	G/cm ³	0,965 ÷ 1,475	0,833 ÷ 1,943	1,044 ÷ 1,994
Ciężar objętościowy zagęszczonego	γ_{oz}	G/cm ³	1,555 ÷ 2,015	1,608 ÷ 2,038	1,669 ÷ 2,004
Wilgotność optymalna	w_{opt}	%	18,5 ÷ 20,5	16,5 ÷ 18,5	16,3 ÷ 17,0
Maksymalny ciężar objętościowy szkieletu	$\gamma_{os max}$	G/cm ³	1,488 ÷ 1,605	1,52 ÷ 1,743	1,571 ÷ 1,765
Porowatość	n	%	40 ÷ 70	46 ÷ 73	40,2 ÷ 67,3
Wskaźnik porowatości	ϵ		0,67 ÷ 2,33	0,85 ÷ 2,7	0,67 ÷ 2,03

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono graficznie zależność wartości ciężarów objętościowych od wilgotności badanego materiału.



Rys. 3. Zależność ciężaru objętościowego gruntu luźno usypanego od wilgotności

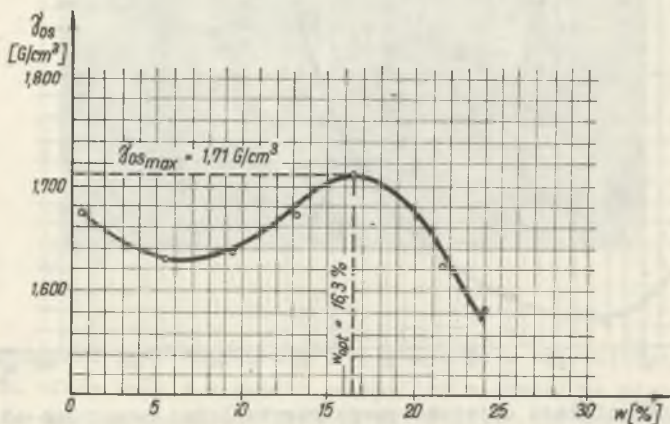


Rys. 4. Zależność ciężaru objętościowego gruntu zagęszczonego od wilgotności

2.1.3. Wilgotność naturalna, optymalna

Wilgotność naturalną oznaczono dla próbek pobranych drogą losową z różnych miejsc i różnych głębokości obwałowań osadników. Badania wykazały, że wilgotność waha się w granicach 1,7 do 31,4%. Na wilgotność ma wpływ zarówno poziom wody w osadniku jak i warunki atmosferyczne.

Badania wilgotności optymalnej przeprowadzono metodą znormalizowaną Proctora. Wyniki podano w tablicy 1 i przykładowo na rys. 5.



Rys. 5. Określenie wilgotności optymalnej

2.1.4. Wytrzymałość na ścinanie

Badania oporu ścinania gruntu wykonano w wielopłaszczyznowych aparatach bezpośredniego ścinania, na próbkach o strukturze naruszonej. Badania wykonano dla materiału luźno usypanego (dla obciążeń normalnych 0,25; 0,50, 1,0 kG/cm²) i mechanicznie zagęszczonego (dla 0,5; 1,0; 2,0 i 4,0 kG/cm²). W obu przypadkach wytrzymałość badano dla różnych wilgotności.

Badany materiał jest w zasadzie bezkobezyjny, a więc właściwościami odpowiada gruntom sypkim. Stwierdzona w niektórych badaniach niewielka spójność jest tzw. spójnością pozorną, a więc wynikłą z częściowego zawilgoce-
nia.

Kąty tarcia wewnętrzne osiągają duże wartości mieszczące się w przedziale od 30° do 41°. Wyniki badań ilustruje tablica 2. Zależność kątów tarcia wewnętrzne od wilgotności materiału obrazuje rys. 6.

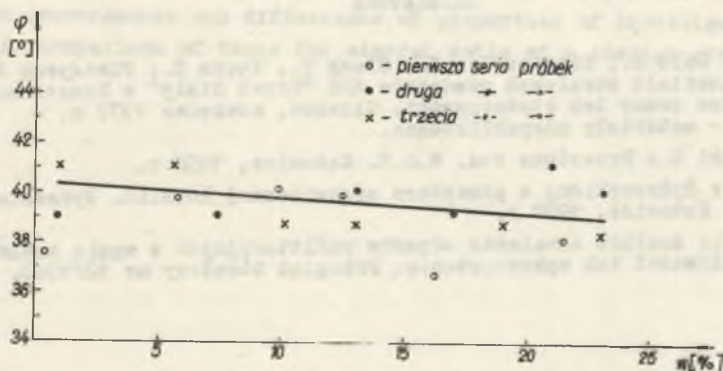
2.2. Analiza wyników

Porównując otrzymane wyniki badań z rezultatami uzyskiwanymi przy badaniach gruntów naturalnych łatwo stwierdzamy, że właściwości fizykomechaniczne odpadów poflotacyjnych są odmienne niż gruntów.

Tablica 2

Właściwości mechaniczne odpadów poflotacyjnych

Rodzaj badania	Oznaczenie	Jednostka	Miejsce pobrania próbek		
			Osadnik nr 66, 67 (4 próbki)	Osadnik nr 69 (8 próbek)	Osadnik nr 102a i 102b (6 próbek)
1	2	3	4	5	6
Kąt tarcia wewnętrznego dla materiału luźno usypanego	φ	stopień	-	$35^{\circ} \div 39^{\circ}$	-
Kąt tarcia wewnętrznego dla materiału zagęszczonego	φ	stopień	$30^{\circ} \div 41^{\circ}30'$	$38^{\circ} \div 40^{\circ}30'$	$36^{\circ} \div 41^{\circ}$
Spójność	c	kg/cm^2	$0,0 \div 0,15$	0,0	0,0



Rys. 6. Wykres zależności kąta tarcia wewnętrznego od wilgotności

Dwie cechy materiału odpadów mają na to podstawowy wpływ, a mianowicie większy ciężar właściwy oraz znacznie większa porowatość wywołana tzw. "porowatością własną" ziaren i cząstek. Ciężary objętościowe odpadów są mniejsze od odpowiednich dla gruntów mineralnych. Ciężary te są oczywiście większe przy zagęszczeniu materiału. Ciężar objętościowy odpadów luźnych jest bliski 1 G/cm^3 , w wielu przypadkach ma wartości nawet mniejsze. Z tych powodów materiał ten jest bardzo lotny, nawet niezbyt intensywne wiatry rozwiewają drobniejsze cząstki po całym obszarze.

Składowiska materiału i ich obwałowania są rozwiewane i rozmywane, co jest bardzo uciążliwe dla środowiska, jak również systematycznie zmniejsza stateczność skarp. Dodatkowym czynnikiem mającym wpływ na duże rozwiewanie składowiska jest brak spójności tego materiału. Jedną z trwałych me-

toż zabezpieczenia skarp obwałowań i składowisk jest ich zakrzewienie i zarzewienie. Kombinat Górniczo-Hutniczy "Orzeł Biały" podjął już pewne prace w tym zakresie.

Badane odpady poflotacyjne wykazują dużą wytrzymałość przy praktycznie zerowej spójności, duży jest ich kąt tarcia wewnętrzznego. Wynikałoby stąd, że mogą one stanowić dobre podłoże budowlane, nadają się do posadowienia na nich fundamentów.

Oczywiście wykorzystanie badanych materiałów jako podłoża budowli, np. wykonując z nich podsypki pod fundamenty, może się okazać niekorzystne ekonomicznie.

Wprowadzenie w przyszłości nowych technologii wzbogacania spowodować przecież może wykorzystanie tego typu odpadów jako surowca do odzysku rud metali w nich zawartych.

Niezależnie od form aktualnego i przyszłościowego wykorzystania, problem składowania nowo powstających odpadów poflotacyjnych zawsze będzie występował.

LITERATURA

- [1] Śliwa J., Bela M., Litwinowicz L., Cisek T., Kopka Z., Pieczyrak J.: Badania materiału obwałowań osadników KGH "Orzeł Biały" w Brzezinach Śląskich oraz ocena ich stateczności. Gliwice, czerwiec 1972 r. - luty 1973 r. - materiały niepublikowane.
- [2] Czarkowski H.: Przeróbka rud. W.G.H. Katowice, 1958 r.
- [3] Nowak Z.: Hydrocyklony w przeróbce mechanicznej kopalni. Wydawnictwo "Śląsk", Katowice, 1970 r.
- [4] Ziemia T.: Analiza chemiczna odpadów poflotacyjnych z węgla kamiennego i możliwości ich wykorzystania. Przegląd Górniczy nr 12/1962.

СКЛАДСКОЕ ХРАНЕНИЕ В ОТКРЫТОЙ ТЕРРИТОРИИ ОТБРОСОВ ИЗ ФЛОТАЦИИ РУД МЕТАЛЛОВ НЕЖЕЛЕЗНЫХ И ОЦЕНКА ИХ ФИЗИКОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Резюме

В статье представлены результаты лабораторных исследований отбросов из флотации, произведенных из предприятия прорабочих комбината Шахтёрско - Металлургического "Белый Орел" в Брезинах Слѣнских. Исследованиями объемы: гранулометрические составы, удельные и объемные веса, природные и оптимальные влажности, максимальные объемные веса скелета а также углы внутреннего трения и сцепления. Предметные свойства в принципиальный способ определяют условия экономического и безопасного складского хранения.

Принятая методика исследований позволила также на определение сходств и различий свойств исследованных минеральных грунтов о соответствующим гранулометрическим составе.

ACCUMULATING OF FLOTATION REFUSES OF NON-FERROUS METAL ORES IN AN OPEN AREA AND THE ESTIMATION OF THEIR PHYSICOMECHANIC PROPERTIES

S u m m a r y

In this paper the results of laboratory researches of flotation refuses, descending from metallurgical recast are presented. These investigations comprise such their properties as granulation, specific gravities, volume weights, natural and optimal moistures, maximal volume weights of mineral parts, internal friction angles and cohesion. The mentioned properties determine in substance the conditions of an economic and safe accumulating. The assumed methodology of researches permits also to establish convergences and differences of properties of investigated materials in comparison of those for mineral soils of a similar granulation.