

*skalenio-kwarc,
zanieczyszczenia barwiące,
wzbogacanie grawitacyjne*

Żaklina KONOPACKA*, Danuta RAJZAKOWSKA**,
Jerzy KRUCZEK**, Andrzej ŁUSZCZKIEWICZ*

WZBOGACANIE GRAWITACYJNE MĄCZKI SKALENIOWO-KWARCOWEJ ZE STRZEBŁOWA NA DOLNYM ŚLĄSKU

Wpłynęło 10 lutego 2010 r., zaakceptowano 19 lutego 2010 r.

Przedstawiono wyniki badań usuwania metodami grawitacyjnymi zanieczyszczeń barwiących z mączek skalenio-kwarcowych produkowanych w Strzeblowskich Kopalniach Surowców Mineralnych w Sobótce. Przedmiotem badań były dwa rodzaje mączek o uziarnieniu +0,1–0,5 mm (MS 500) i –0,1 mm (MS 100) pobieranych w trzech różnych okresach pracy zakładu przerobczego, różniących się zawartością zanieczyszczeń. Próbka 0,1 mm zawierała 0,9% Fe_2O_3 i w trakcie wzbogacania grawitacyjnego obniżono tę zawartość do 0,4%, natomiast z próbki +0,1–0,5 mm, zawierającej pierwotnie 0,4% Fe_2O_3 otrzymano produkt zawierający 0,25% Fe_2O_3 . Stwierdzono, że głównym nośnikiem zanieczyszczeń żelazistych (przeliczanych na Fe_2O_3) w badanym materiale jest piryt. W posumowaniu badań zaproponowano schemat jakościowo-ilościowy wzbogacania grawitacyjnego.

1. WPROWADZENIE

Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych w Sobótce (SKSM) są najstarszym i największym producentem surowców skaleniowych w Polsce. Aktualnie surowiec skaleniowy pozyskiwany jest ze złoża leukogranitu z rejonu Pagórki Wschodnie oraz jako kopalina towarzysząca ze złoża granitu z rejonu Strzeblów I. Proces produkcyjny mączek i grysów skaleniowych w zakładzie przerobczym obejmuje kruszenie urobku do

* Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii Górnictwa i Geologii, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław, e-mail: zaklina.konopacka@pwr.wroc.pl, andrzej.luszczykiewicz@pwr.wroc.pl

** Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych, Sp. z o.o., ul. Torowa 1, 55-050 Sobótka.

uziarnienia 0–5 mm i 0–8 mm. Tak skruszony urobek w części sprzedawany jest jako grysy skaleniowe, a w części kierowany do dalszej przeróbki na mączki skaleniowe. Mączki skaleniowe są produkowane wyłącznie z grysu 0–8 mm, który po wysuszeniu kierowany jest do mielenia na sucho, a odpowiednią granulację mączek 0,1 mm lub 0,5 mm otrzymuje się w separatorach powietrznych [7].

Część mączek +0,1–0,5 mm poddawana jest separacji magnetycznej, w wyniku której obniża się zawartość żelaza w produkcie finalnym (mączka szklarska). Mączki oraz grysy skaleniowo-kwarcowe są wyrobami stosowanymi w przemysłach: ceramiki szlachetnej, płytek ceramicznych, wyrobów sanitarnych, hutnictwie szkła, w przemyśle chemii gospodarczej, emalierskim, materiałów ściernych oraz innych.

Podstawowym parametrem kopaliny skaleniowych jest zawartość alkaliów, których łączna zawartość w surowcach skaleniowych powinna wynosić co najmniej 10–12%, a w surowcach skaleniowo-kwarcowych 7–9%. Kopaliny bogate w sód przy przewadze jego zawartości nad potasem mają zastosowanie głównie w przemyśle szklarskim, a odmiany z przewagą zawartości potasu, w przemyśle ceramiki szlachetnej. Obok zawartości alkaliów, o kierunku zastosowania surowca skaleniowego decyduje także zawartość Al_2O_3 . Surowce skaleniowe przeznaczone do produkcji płytek ceramicznych powinny zawierać 6–8% alkaliów [8]. Najbardziej cenione na rynku są odmiany skaleni o niskiej zawartości tlenków barwiących przeliczane na zawartość Fe_2O_3 oraz TiO_2 i wysokiej zawartości alkaliów [1]. Jednak wymagania rynku w stosunku do wyrobów skaleniowych są bardzo różne w zależności od zastosowania. Niepożądane składniki barwiące w surowcach skaleniowych, w przypadku przekroczenia dopuszczalnych dla danego odbiorcy poziomu, mogą być usuwane drogą separacji magnetycznej, grawitacyjnej lub flotacji. Podwyższanie zawartości alkaliów lub zmiana wartości stosunku K_2O do Na_2O możliwe jest jedynie drogą flotacji, która często stosowana jest także do usuwania zanieczyszczeń barwiących i innych zwanych także zanieczyszczeniami akcesorycznymi [9]. Technologie flotacyjne są obecnie podstawowym kierunkiem wydzielania i uszlachetniania wysokojakościowych koncentratów skaleniowych, zwłaszcza do ceramiki szlachetnej i wyrobów szklarskich. Jak podają Kaufman i van Dyk [6] w monograficznym przeglądzie, na 15 dużych zakładów produkujących koncentraty skaleniowe w USA, 10 stosuje flotację, 1 flotację wraz separacją magnetyczną, 1 separację magnetyczną + ługowanie chemiczne, 1 płukanie + wzbogacanie w separatorach strumieniowo-zwojowych + separacja magnetyczna, 1 jedynie płukanie i 1 tylko suche mielenie.

Wzbogacanie grawitacyjne jest rzadko stosowane do uszlachetniania tego typu surowców i praktycznie brak jest danych literaturowych na ten temat. Gulsoy i Kademli [5] opisują badania technologiczne wzbogacania skaleni sodowych (ruda albitowa) w spiralach Reicherta typu HG7, w celu usunięcia zanieczyszczeń mikowych. Autorzy podali, że głównym nośnikiem żelaza był biotyt oraz rutyl i sfen, wszystkie w stanie dobrze uwolnionym. Zawartość żelaza i tytanu określano przez pomiar koloru wypróżonej w 1200 °C pastylki sporządzonej z produktów wzbogacania. Stwierdzono, że

najkorzystniejsze efekty oczyszczania skaleni otrzymuje się przy uziarnieniu +0,074–0,212 mm. Z próbki zawierającej 0,71% Fe_2O_3 otrzymano koncentrat skaleniowy z wychodem 70% zawierający 0,07% tego składnika. Skuteczność rozdziału drastycznie obniżała się ze wzrostem wielkości ziarna w nadawie.

Przedmiotem opisywanych badań były produkty finalne przeróbki leukogranitu pochodzącego ze złoża „Pagórki Zachodnie”, eksploatowanego przez Spółkę Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych w Sobótce [3]. Celem badań było określenie możliwości obniżenia zawartości tlenków barwiących w dwóch reprezentujących produkty finalne firmy mączkach skaleniowo-kwarcowych z zastosowaniem metod grawitacyjnych. Metody grawitacyjne w prezentowanych badaniach obejmowały testy na laboratoryjnym stole koncentracyjnym i w przemysłowym separatorze strumieniowo-zwojowym.

2. CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

2.1. MATERIAŁY I METODYKA

Materiałem do badań były cztery próbki mączki skaleniowo-kwarcowej o masie po 30 kg, dwie o uziarnieniu 0,1–0,5 mm (MS 500) i dwie 0–0,1 mm (MS 100), reprezentujące produkty finalne przeróbki mechanicznej leukogranitu pochodzącego ze złoża „Pagórki Zachodnie”, eksploatowanego przez Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych, Sp. z o.o. w Sobótce (SKSM) i będącego jej własnością.

Tabela 1. Skład chemiczny badanych próbek mączek skaleniowo-kwarcowych
Table 1. Chemical composition of examined quartz-feldspatic samples

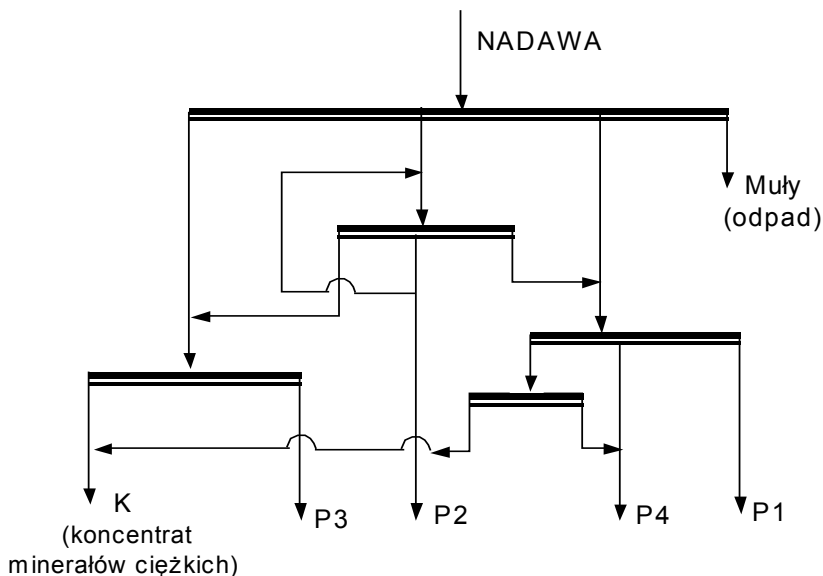
Składnik	MS 500.2	MS 500.1	MS 100.2	MS 100.1	MS 500.3
Fe_2O_3	0,40	0,19	0,87	0,51	0,40
SiO_2	77,20	75,51	74,60	73,80	79,08
Na_2O	3,20	3,40	3,30	4,00	3,48
K_2O	4,67	5,47	4,74	5,27	3,68
$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	7,87	8,87	8,04	9,27	7,16
Al_2O_3	12,00	n.o.	16,11	n.o.	12,72
TiO_2	0,03	n.o.	0,05	n.o.	0,02

n.o. – nie oznaczano

W tabeli 1 zestawiono wyniki oznaczeń chemicznych głównych składników w badanych próbkach mączek skaleniowo-kwarcowych. Skład ziarnowy oraz chemiczny

każdej z badanych próbek oznaczono po uśrednieniu dla wydzielonych próbek analitycznych w Laboratorium Kontroli Jakości SKSM. Badane dwa zestawy próbek znacznie różniły się zawartościami zanieczyszczeń barwiących. W pracy przedstawiono wyniki badań dla próbek o wyższej zawartości zanieczyszczeń barwiących przeliczonych na Fe_2O_3 : próbka 1 (MS 500.2) – o uziarnieniu 0,1–0,5 mm oraz próbka 2 (MS 100.2) – o uziarnieniu 0–0,1 mm. Trzecią próbkę opisaną symbolem MS 500.3 o masie 2 Mg przeznaczono do badań półtechnicznych w przemysłowym separatorze strumieniowo-zwojowym.

Wzbogacanie grawitacyjne badanych materiałów wykonano na laboratoryjnym stole koncentracyjnym typu Wilfley produkcji firmy Denver o powierzchni roboczej $0,7 m^2$, według schematu pokazanego na rysunku 1. Schemat ten, nieznacznie modyfikowany w trakcie eksperymentów z poszczególnymi próbkami, ma w zasadzie charakter układu otwartego, jednak z elementami symulacji zamkniętego obiegu półproduktów.



Rys. 1. Schemat wzbogacania na stole koncentracyjnym badanych próbek

Fig. 1. Flowchart of beneficiation tests on shaking table

Eksperymenty wzbogacania większej partii mączki skaleniowej wykonano w instalacji wyposażonej w separator strumieniowo-zwojowy Reicherta typu LG7. Instalacja tworzyła obieg zamknięty składający się ze stalowego zbiornika z zainstalowaną pod jego dnem pompą wirową tłoczącą zawieszinę do lejka nadawczego na szczycie separatora LG7.

Badania wykonano w Laboratorium Zakładu Przeróbki Kopalini i Odpadów Instytutu Górnictwa na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej. Eksperyment w skali półtechnicznej w separatorze strumieniowo-zwojowym wykonano w firmie KGHM Ecoren SA w Lubinie. Składy ziarnowe oraz chemiczne badanych próbek nadaw i produktów wzbogacania oznaczano w Laboratorium Kontroli Jakości SKSM w Sobótce.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. WZBOGACANIE GRAWITACYJNE NA STOLE KONCENTRACYJNYM

W przedstawionej powyżej tabeli 1 zestawiono wyniki oznaczeń chemicznych głównych składników w badanych próbkach mączek skaleniowo-kwarcowych. Skład ziarnowy oraz chemiczny wybranych do opisywanych badań dwóch próbek zestawiono w tabelach 2 i 3, w których zamieszczono także wyniki obliczonych rozkładów zawartości (uzysków) w klasach ziarnowych.

Tabela 2. Wyniki analizy składu ziarnowego i oznaczeń chemicznych próbki MS 500.2
Table 2. Particle size analysis and chemical composition of the sample MS 500.2

Klasa Ziarnowa, mm	%, %	Fe ₂ O ₃ , %		SiO ₂ , %		Na ₂ O, %		K ₂ O, %	
		λ	ε	λ	ε	λ	ε	λ	ε
+1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1,0+0,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,8+0,5	6,56	0,27	4,72	80,70	6,84	2,40	5,02	3,72	5,22
-0,5+0,2	57,12	0,34	51,77	77,70	57,30	3,00	54,61	4,61	56,35
-0,2+0,1	28,53	0,43	32,71	76,80	28,29	3,47	31,56	4,99	30,47
-0,1	7,79	0,52	10,79	75,33	7,57	3,55	8,81	4,78	7,96
Nadawa z bilansu	100,00	0,38	100,00	77,46	100,00	3,14	100,00	4,67	100,00
Nadawa oznacz.		0,40		77,20		3,20		4,67	

γ – wychód (udział) frakcji, λ – zawartość składnika, ε – rozkład składnika

Tabela 3. Wyniki analizy składu ziarnowego i oznaczeń chemicznych próbki MS 100.2
Table 3. Particle size analysis and chemical composition of the sample MS 100.2

Klasa ziarnowa, mm	%, %	Fe ₂ O ₃ , %		SiO ₂ , %		Na ₂ O, %		K ₂ O, %	
		λ	ε	λ	ε	λ	ε	λ	ε
+0,2	0,40	0,37	0,17	77,88	0,42	2,95	0,35	4,69	0,41
-0,2+0,1	4,00	0,51	2,35	76,14	4,10	2,85	3,36	4,65	4,07

-0,1+0,071	11,80	0,56	7,60	75,82	12,06	3,14	10,92	4,67	12,05
-0,071+0,063	7,37	0,55	4,66	76,23	7,57	3,20	6,95	4,73	7,62
-0,063+0,056	6,95	0,59	4,72	75,75	7,09	3,03	6,21	4,53	6,88
-0,056+0,045	11,52	0,64	8,48	75,15	11,67	3,20	10,87	4,70	11,84
-0,045	57,96	1,08	72,02	73,10	57,09	3,59	61,34	4,51	57,14
Nadawa z bilansu	100,00	0,87	100,00	74,21	100,00	3,39	100,00	4,57	100,00
Nadawa oznacz.		0,87		74,60		3,30		4,74	

γ – wychód (udział) frakcji, λ – zawartość składnika, ε – rozkład składnika

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Badane dwie próbki o różnym uziarnieniu różniły się także zawartościami zanieczyszczeń (tabela 1). Próbki 500.2 i MS 100.2 zawierały odpowiednio 0,40 i 0,87% Fe_2O_3 . Wyniki zamieszczone w tabeli 2 wskazują, że w próbce mączki grubo uziarnionej MS 500.2 około 90% Fe_2O_3 trafia do ziaren $> 0,1$ mm, przy czym 83% trafia do klasy $+ 0,1-0,5$ mm. W próbce mączki drobno uziarnionej MS 100.2 około 70% Fe_2O_3 trafia do frakcji najdrobniejszych $< 0,045$ mm. W tabeli 4 i 5 zestawiono bilans separacji grawitacyjnej na stole koncentracyjnym badanych próbek MS 500.2 i MS 100.2 według schematu pokazanego na rysunku 1.

Tabela 4. Bilans wzbogacania grawitacyjnego próbki MS 500.2 na stole koncentracyjnym
Table 4. Mass balance for gravity separation on shaking table of sample MS 500.2

Produkt	γ , %	Fe_2O_3 , %		SiO_2 , %		Na_2O , %		K_2O , %		Al_2O_3 , %		TiO_2 , %	
		λ	ε	λ	ε	λ	ε	λ	ε	λ	ε	λ	ε
P-2	79,75	0,25	51,36	77,43	79,76	3,39	81,10	4,21	81,59	12,58	78,46	0,03	69,88
P-3	6,17	0,30	4,77	78,78	6,28	3,30	6,11	3,52	5,28	11,63	5,62	0,04	7,21
P-1	6,47	0,61	10,17	76,54	6,40	3,29	6,39	4,26	6,70	14,8	7,49	0,04	7,56
P-4	1,93	0,80	3,97	79,16	1,97	3,00	1,73	3,23	1,51	12,05	1,82	0,04	2,25
Muł	3,00	0,94	7,26	75,70	2,93	3,23	2,91	4,44	3,24	15,76	3,70	0,06	5,25
K	2,68	3,25	22,46	76,54	2,65	2,19	1,76	2,58	1,68	13,96	2,93	0,10	7,84
Nadawa z bilansu	100,0	0,39	100,0	77,41	100,0	3,39	100,0	4,11	100,0	12,79	100,0	0,03	100,0
Nadawa oznacz.		0,40		77,20		3,20		4,67		12,00		0,031	

γ – wychód (udział) frakcji, λ – zawartość składnika, ε – rozkład składnika

Tabela 5. Bilans wzbogacania grawitacyjnego próbki MS 100.2 na stole koncentracyjnym
 Table 5. Mass balance for gravity separation on shaking table of sample MS 100.2

Produkt	γ , %	Fe ₂ O ₃ , %		SiO ₂ , %		Na ₂ O, %		K ₂ O, %		Al ₂ O ₃ , %		TiO ₂ , %	
		λ	ε	λ	ε	λ	ε	λ	ε	λ	ε	λ	ε
P-3	1,78	0,30	0,61	78,78	1,90	3,30	1,94	3,52	1,45	11,63	1,26	0,07	2,49
P-2	11,01	0,43	5,39	77,18	11,49	3,53	12,81	4,08	10,41	13,64	9,13	0,04	8,78
P-4	9,42	0,46	4,93	78,27	9,97	3,48	10,80	4,14	9,03	13,75	7,87	0,04	7,51
Muł	74,21	0,95	80,23	72,89	73,13	2,91	71,14	4,42	75,97	17,34	78,17	0,05	73,93
P-1	2,05	1,38	3,22	69,73	1,93	3,28	2,21	4,70	2,23	18,40	2,29	0,06	2,45
K	1,52	3,25	5,63	76,54	1,57	2,19	1,10	2,58	0,91	13,96	1,29	0,16	4,85
Nadawa z bilansu	100,00	0,88	100,00	73,97	100,00	3,04	100,00	4,32	100,00	13,00	100,00	0,05	100,00
Nadawa oznacz.		0,87		74,60		3,30		4,74		16,11		0,045	

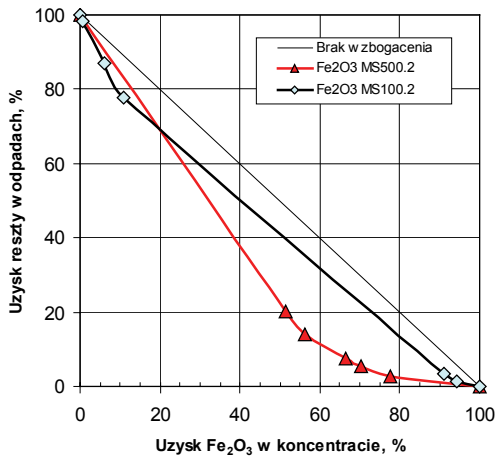
γ – wychód (udział) frakcji, λ – zawartość składnika, ε – rozkład składnika

Eksperymenty te prowadzono pod kątem wydzielenia koncentratu minerałów ciężkich stanowiących, jak się spodziewano, główne nośniki zanieczyszczeń barwiących.

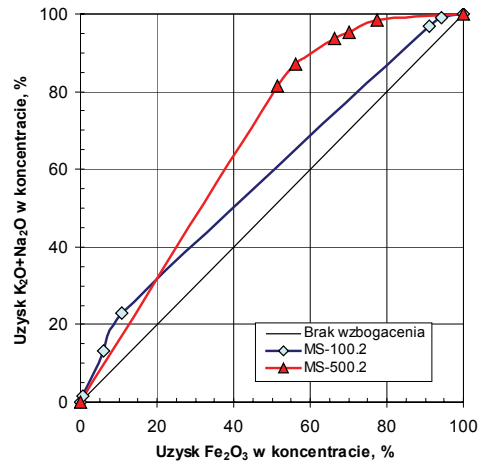
Wstępne analizy mineralogiczne badanego materiału oraz analizy wydzielonych koncentratów minerałów ciężkich wykazały, że głównym nośnikiem żelaza w badanych próbkach jest minerał piryt FeS₂. Część nośników żelaza występuje w postaci drobnych wprysnięć w ziarnach skalenia i kwarcu, a także w postaci innych niesiarczkowych minerałów żelazonośnych, np. granaty żelazowo-wapniowe. Obserwowano także pokrycia goethytowe pewnej części ziarn skalenia i kwarcu.

Jak widać z przedstawionych tabel, wynik separacji grawitacyjnej zależy od uziarnienia nadawy i zawartości zanieczyszczeń w nadawie. Mierząc stopień zanieczyszczenia jedynie zawartością Fe₂O₃ można zauważyć, że przy zawartości Fe₂O₃ w nadawie 0,40% Fe₂O₃ (MS 500.2) możliwe jest wydzielenie koncentratu skaleniowo-kwarcowego o zawartości 0,25% Fe₂O₃ przy wychodzie koncentratu rzędu 80%. Z eksperymentów z mączką MS 500.2 wynika także, że 3% nadawy (wychód) wydzieli się w postaci mułu, w którym, jak wykazały analizy składu ziarnowego około 75% masy stanowiły ziarna < 0,100 mm, a 35 % < 0,045 mm. Muł charakteryzuje się wyraźnym wzbogaceniem w Fe₂O₃ (zawiera 0,94% Fe₂O₃) przy uzysku w nim Fe₂O₃ wynoszącym 15%.

Wyniki wzbogacania grawitacyjnego drobniej uziarnionej mączki skaleniowej MS 100.2 zawierającej 0,88% Fe₂O₃ wskazują na małą skuteczność tej metody. Jak wynika z tabeli 3 około 58% masy próbki MS 100.2 stanowi klasa ziarnowa < 0,045 mm, przy czym do klasy tej trafia około 70% Fe₂O₃.



Rys. 2. Krzywe wzbogacania próbek MS 100.2 i MS500.2 pod kątem wydzielania Fe_2O_3
Fig. 2. Upgrading curves of Fe_2O_3 rejection for MS 100.2 and MS 500.2 samples



Rys. 3. Krzywe wzbogacania próbek MS 100.2 i MS 500.2 jako zależność uzysku alkaliów od uzysku Fe_2O_3
Fig. 3. Fe_2O_3 rejection – alkali components recovery upgrading curves for MS 100.2 and MS 500.2 samples

Na rysunku 2 i 3 przedstawiono wyniki eksperymentów wzbogacania grawitacyjnego w postaci krzywych wzbogacania. Na rysunku 2 pokazano zależności uzysku Fe_2O_3 w koncentracie od uzysku pozostałych składników, tzn. wszystkich poza Fe_2O_3 w odpadach. Taki sposób przedstawiania wyników pozwala na porównywanie przebiegu wzbogacania różnych materiałów niezależnie od ich składu i zawartości w nadawie. Na takich wykresach przebieg krzywej wzbogacania idealnego zbliża się do obu osi współrzędnych, a przekątna wykresy, łącząca punkty (100, 100) przedstawia brak wzbogacania [5]. Na rysunku 3 natomiast pokazano krzywe wzbogacalności jako zależność uzysku alkaliów w koncentraty grawitacyjnych (minerałów ciężkich) od uzysku Fe_2O_3 . Z wykresów tych wyraźnie widać znacznie gorszą wzbogacalność próbek materiału drobniejszego MS 100.2 niż próbek grubiej uziarnionych MS 500.2.

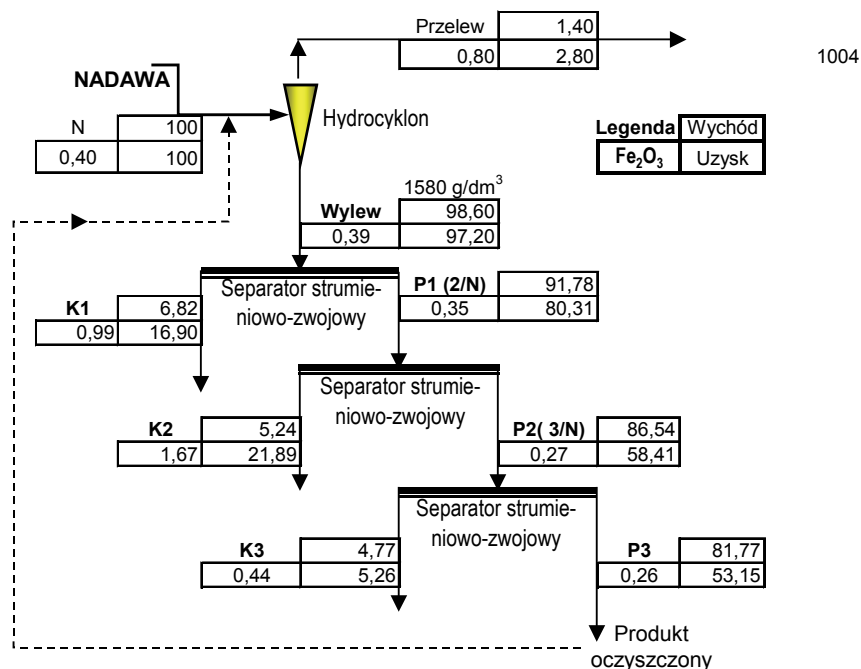
5. WZBOGACANIE GRAWITACYJNE W SEPARATORZE STRUMIENIOWO-ZWOJOWYM

Wykonano eksperyment wzbogacania większej partii mączki skaleniowej w przemysłowym separatorze strumieniowo-zwojowym Reicherta typu LG7. Instalacja, którą wykorzystano wyposażona była w obieg zamknięty składający się ze stalowego zbiornika sprzężonego z pompą wirową podającą zawiesinę do hydrocyklonu, z którego wylew kierowano do podajnika separatora strumieniowo-zwojowego. W trakcie

pracy układu odbierano trzykrotnie w określonych odcinkach czasu frakcję ciężką, wydzielając kolejno trzy koncentraty minerałów ciężkich, tak jak to pokazano na rysunku 4. Na podstawie makroskopowych obserwacji za pomocą lupy binokularowej stwierdzono, że wydzielone koncentraty minerałów ciężkich zawierały głównie ziarna pirytu, granatów i innych minerałów ciężkich. Bilans ilościowy procesu, pokazany na rysunku 4 i zestawiony oddzielnie w tabeli 6, opracowano na podstawie pomiarów gęstości zawiesin w obiegu wzbogacania.

Tabela 6. Bilans eksperymentu wzbogacania mączki MS 500.3 w separatorze strumieniowo-zwojowym
Table 6. Mass balance of a pilot gravity separation test with a spiral concentrator for sample MS 500.3

Produkt	Wychód, %	Fe ₂ O ₃ , %	
		Zawartość, %	Uzysk, %
Przelew hydrocyklonu	1,40	0,80	2,80
Konc. min. ciężkich	6,82	0,99	16,90
Konc. min. ciężkich	5,24	1,67	21,89
Konc. min. ciężkich	4,77	0,44	5,26
Frakcja oczyszczona	81,77	0,26	53,15
Nadawa z bilansu	100,00	0,40	100,00



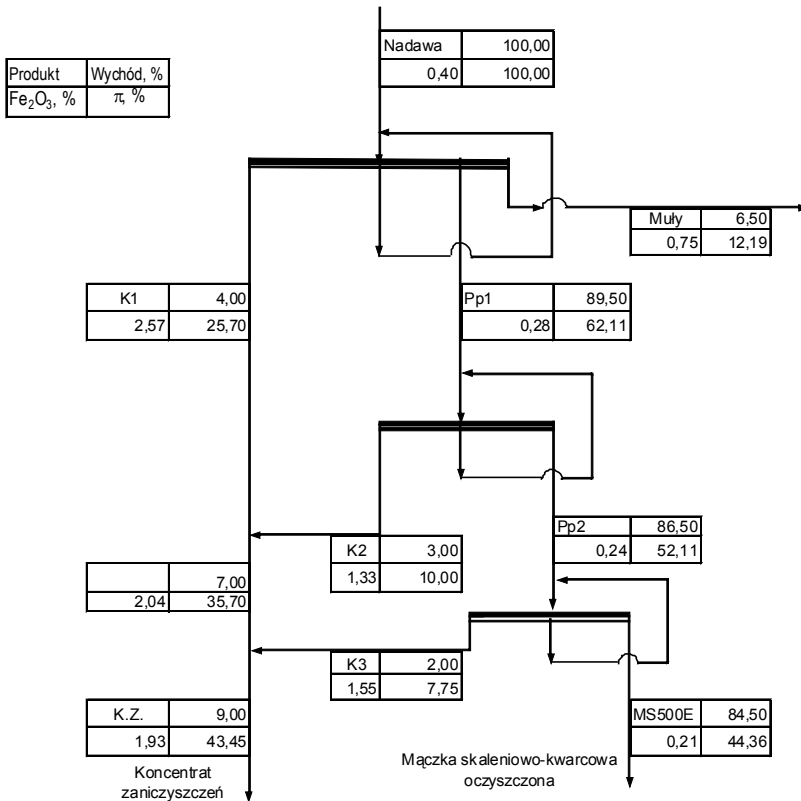
Rys. 4. Schemat jakościowo-ilościowy z bilansem Fe₂O₃, %
eksperymentu wzbogacania w separatorze strumieniowo-zwojowym

Fig. 4. Flowchart of a gravity separation pilot test with a spiral concentrator. Mass balance of Fe₂O₃

W procesie tym udało się obniżyć zawartość Fe_2O_3 z poziomu 0,40% do wartości 0,26% z uzyskiem Fe_2O_3 w koncentracie skaleniowo-kwarcowym rzędu 55%, jednak kosztem straty około 20% masy nadawy w produktach odpadowych. Eksperyment ten, zbilansowany na podstawie oszacowanych parametrów, pozwolił na założenia prawdopodobnego przebiegu procesu w układzie z obiegiem zamkniętym produktów pośrednich przedstawionym na rysunku 5. Schemat ten może być wykorzystany do opracowania wstępnych założeń techniczno-ekonomicznych do budowy instalacji węzła wzbogacania grawitacyjnego w skali technologicznej.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Stwierdzono, że znacząca część Fe_2O_3 w badanych próbkach mączek skaleniowo-kwarcowych, związana jest z obecnością pirytu. Część nośników żelaza występuje



Rys. 5. Proponowany schemat jakościowo-ilościowy procesu wzbogacania grawitacyjnego
 Fig. 5. Quantitative flowsheet recommended for the processing of examined feldspatic material

w postaci drobnych wprysnięć w ziarnach skalenia i kwarcu, a także w postaci innych niesiarczkowych minerałów żelazonośnych, np. granaty żelazowo-wapniowe. Jak wykazały obserwacje mikroskopowe, część żelaza związana jest z wytrąceniami i pokryciami typu goethytu na powierzchni ziarn kwarcu i skaleni i usunięcie takiego nośnika żelaza metodami fizycznymi jest nieskuteczne.

W wyniku wzbogacania grawitacyjnego próbki skaleniokwarcu o uziarnieniu 0,100–0,500 mm obniżono zawartość Fe_2O_3 z poziomu 0,40% do zawartości 0,25%. Natomiast dla materiału o drobniejszym uziarnieniu <0,100 mm, zawartość Fe_2O_3 obniżono z poziomu 0,87% do zawartości 0,40%.

Eksperyment wzbogacania mączki o uziarnieniu 0,100–0,500 mm w separatorze strumieniowo-zwojowym wykazał, że w procesie tym możliwe jest obniżenie zawartości Fe_2O_3 z poziomu 0,40% do 0,26%, jednak kosztem straty ok. 20% masy nadawy w produktach odpadowych, z uzyskiem Fe_2O_3 w koncentracji skaleniowo-kwarcowym rzędu 60%. Eksperyment ten zbilansowany na podstawie możliwych do pomiaru parametrów nie w pełni zamkniętego obiegu procesu potwierdził ogólne założenia schematu technologicznego pokazanego na rysunku 5.

Analiza wyników eksperymentów wzbogacania grawitacyjnego wykonanych w skali laboratoryjnej na stole koncentracyjnym i w separatorze strumieniowo-zwojowym, w sposób okresowy w układzie otwartym, pozwala na założenie prawdopodobnego przebiegu procesu w układzie z obiegiem zamkniętym produktów pośrednich pokazanym na rysunku 5. Propozycja ta wymaga jednak weryfikacji.

LITERATURA

- [1] BURKOWICZ A., GALOS K., KAMYK J., LEWICKA E., SMAKOWSKI T., SZLUGAJ J., *Bilans Gospodarki Surowcami Mineralnymi Polski i Świata 2002–2006*, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 2008.
- [2] DRZYMALA J., AHMED H.A.M., *Mathematical equations for approximation of separation results using the Fuerstenau upgrading curves*, International Journal of Mineral Processing, 2005, 76, (1–2), s. 55–65.
- [3] ŁUSZCZKIEWICZ A., *Wstępne próby pozyskiwania produktów skaleniowych z odpadów granitowych z rejonu Gniewkowa na Dolnym Śląsku*, Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej, Seria: Inżynieria Środowiska, 2007, Nr 23, s. 445–454.
- [4] ŁUSZCZKIEWICZ A., RAJCZAKOWSKA D., KONOPACKA Ż., *Opracowanie koncepcji technologii wzbogacania mączki skaleniowej*, Raport Nr I-11/S102/2007, Politechnika Wroclawska, Instytut Górnictwa, Zakład Przeróbki Kopalini i Odpadów, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Wrocław, grudzień 2007.
- [5] GULSOY O.Y., KADEMLI M., *Effects of operational parameters of spiral concentrator on mica-feldspar separation*, Mineral Processing & Extractive Metallurgy, (Trans. Inst. Min. Metall. C), 2006, Vol. 115, Issue 2, s. 80–84.
- [6] KAUFMAN R.A., VAN DYK D., *Feldspar*, In: Industrial Minerals and Rocks, 6th edition, D.D. Carr (editor), Soc. Min. Metall. Explor. Littleton, Col., 1994, s. 473–481.
- [7] KRUCZEK J., *Perspektywy rozwoju zużycia surowców skaleniowych w Polsce oraz możliwości zaopatrzenia krajowego rynku w te surowce*, w: *Przeróbka i wykorzystanie surowców skalnych*, Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, 2002, s. 63–77.

- [8] NIEĆ M., *Złoża kopalin skaleniowych*, w: *Surowce Mineralne Polski. Surowce skalne. Surowce krzemionkowe i skaleniowe*, Wyd. Inst. Gosp. Sur. Min. i Energią, PAN, Kraków, 2005, s. 101–121.
- [9] REVNIVTSEV V.I., *Beneficiation of feldspar and quartz*, Nedra Publisher, Moscow 1970 (in Russian) (Ревнивцев В.И., Обогащение полевых шпатов и кварца. Издат. Недра, Москва 1970).

GRAVITY PURIFICATION OF GROUND FELDSPATIC MATERIAL
FROM STRZEBLOW PROCESSING PLANT (LOWER SILESIA, SW POLAND)

Results of removing of coloring impurities from ground feldspatic (natural feldspar-silica mix) produced in Strzeblow Mining and Processing Plant in Sobotka, Lower Silesia (SW Poland) were presented. Gravity separation methods for treatment of the investigated material were applied. Two kinds of ground commercial products of size fractions: +0,1–0,5 mm (MS 500) and –0.1 mm (MS 100) with different contents of impurities were investigated. In the feed sample of size fraction below 0.1 mm, containing 0.9% Fe_2O_3 , after treatment on shaking table this content was lowered to 0.4%. In the sample of size fraction of +0,1–0,5 mm, containing initially 0.4% Fe_2O_3 , after treatment the enriched product assayed 0.25% of this component. It was found that the main carrier of ferric impurities (calculated on Fe_2O_3) in the investigated material is associated with pyrite. A gravity separation quantitative flowsheet for the investigated material is proposed.