

Wybrane naturalne i wtórne surowce mineralne

Piotr Wyszomirski

Wydawnictwo Naukowe
AKAPIT

Recenzenci:

Prof. dr. hab. inż. Mikołaj Szafran

Dr hab. inż. Magdalena Szumera

© Copyright by Piotr Wyszomirski and Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków 2021
Printed in Poland

Na okładce zamieszczono – za zgodą *Von der Heydt-Museum* (Wuppertal, Niemcy) – obraz
Der Mineraloge autorstwa Carla Spitzwega (1808–1885)

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

ISBN 978-83-65955-50-0



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków
tel. 608 024 572; www.akapit.krakow.pl
e-mail: wn@akapit.krakow.pl

Pamięci Profesora
Andrzeja Bolewskiego (1906-2002)
– niestrudzonego orędownika wiedzy
o surowcach mineralnych

autor

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	9
CZĘŚĆ I. GENEZA SUROWCÓW, EKSPLOATACJA I PRZERÓBKA ORAZ ICH RODZAJE	
2. SKORUPA ZIEMSKA JAKO ŹRÓDŁO SUROWCÓW MINERALNYCH	15
2.1. Kryształy i minerały w świetle krytalografii geometrycznej	17
2.2. Kryształy rzeczywiste i niektóre ich właściwości	22
2.3. Zarys krystalochemii minerałów i ich skład chemiczny	26
2.4. Skały i ich podział	37
2.4.1. Skały magmowe	38
2.4.2. Skały piroklastyczne	50
2.4.3. Skały osadowe	50
2.4.4. Skały metamorficzne	63
Bibliografia	65
3. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z EKSPLOATACJI KOPALIN I ICH PRZERÓBKI	69
3.1. Wzbogacanie grawitacyjne	77
3.2. Wzbogacanie na drodze rozdziału ziaren o zróżnicowanej wielkości	81
3.3. Wzbogacanie magnetyczne	82
3.4. Wzbogacanie optyczne	87
3.5. Wzbogacanie flotacyjne	88
Bibliografia	91
4. SUROWCE SKALNE I GŁÓWNE KIERUNKI ICH WYKORZYSTANIA	93
4.1. Metody badań właściwości kamieni budowlanych i drogowych oraz kruszyw naturalnych	97
4.1.1. Minerały grupy SiO ₂ i ich reaktywność alkaliczna w betonie	102
4.1.2. Reakcje między minerałami węglanowymi i alkaliarni	104
4.1.3. Oliwiny i przejawy ich wietrzenia chemicznego	105
4.1.4. Minerały główne kruszyw granitowych i stopień ich zachowania	108

4.2. Wybrane właściwości fizyczno-mechaniczne surowców skalnych w aspekcie oceny jakości kamieni budowlanych i drogowych	109
4.3. Naturalne kruszywa żwirowo-piaskowe w Polsce	114
4.4. Zwięzłe surowce skalne i ich przemysłowe znaczenie.....	118
Bibliografia	131
5. MINERALNE SUROWCE ODPADOWE I POCHODZĄCE Z RECYKLINGU	135
5.1. Surowce mineralne pozyskiwane z odpadów.....	137
5.1.1. Wybrane surowce odpadowe z górnictwa i przeróbki kopalin	139
5.1.2. Surowce odpadowe przemysłu metalurgicznego.....	141
5.1.2.1. Żużel wielkopiecowy	142
5.1.2.2. Żużle stalownicze.....	146
5.1.2.3. Pyły krzemionkowe z produkcji krzemu i żelazokrzemu.....	148
5.1.3. Mineralne surowce odpadowe z elektrowni, elektrociepłowni i ciepłowni	149
5.1.3.1. Popioły lotne	150
5.1.3.2. Gipsy syntetyczne	152
5.1.4. Mineralne surowce odpadowe przemysłu chemicznego	155
5.2. Recykling na przykładzie materiałów budowlanych, szkła i niektórych wytworów ogniotrwałych.....	157
5.2.1. Zużyte materiały budowlane	157
5.2.2. Stłuczka szklana	159
5.2.3. Złomy materiałów ogniotrwałych	162
Bibliografia	166

CZĘŚĆ II. METODY BADAŃ SUROWCÓW I KONTROLI ICH JAKOŚCI

6. WSTĘPNA IDENTYFIKACJA PODSTAWOWYCH SKŁADNIKÓW MINERALNYCH KOPALINY W WARUNKACH TERENOWYCH.....	171
Bibliografia	179
7. ZARYS METODYKI ANALIZY CHEMICZNEJ SUROWCÓW MINERALNYCH	181
7.1. Metody mokre	184
7.1.1. Metody emisyjne	184
7.1.2. Absorpcyjna spektroskopia atomowa AAS.....	187
7.2. Metody suche	188
7.2.1. Metoda XRF	190
7.2.2. Metoda NAA	193

Bibliografia	194
8. PODSTAWOWE METODY BADANIA ORAZ IDENTYFIKACJI SKŁADU FAZOWEGO	197
8.1. Analiza mikroskopowa w świetle przechodzącym.....	197
8.1.1. Zjawiska świetlne i elementy optyki kryształów.....	198
8.1.2. Mikroskop polaryzacyjny, jego budowa i obsługa.....	204
Bibliografia	218
8.2. Analiza rentgenograficzna.....	219
8.2.1. Podstawy rentgenograficznej analizy fazowej	223
8.2.2. Analiza jakościowa.....	228
8.2.3. Podstawowe informacje z zakresu analizy ilościowej	231
8.2.4. Analiza rentgenograficzna w badaniach roztworów stałych.....	232
8.2.5. Analiza rentgenograficzna w badaniach wielkości kryształitów	235
Bibliografia	237
8.3. Analiza termiczna.....	238
Bibliografia	247
8.4. Elementy mikroskopii elektronowej wraz ze spektroskopią dyspersji energii.....	248
8.4.1. Mikroskopia elektronowa SEM i ESEM.....	249
8.4.2. Analiza chemiczna w mikroobszarze EDS.....	254
Bibliografia	257
9. ANALIZA GRANULOMETRYCZNA	259
9.1. Analiza sitowa	262
9.2. Dynamiczna analiza obrazu.....	264
9.3. Metody sedymentacyjne.....	265
9.4. Metoda oparta na dyfrakcji promieniowania laserowego	269
9.5. Sposoby przedstawiania wyników analizy składu ziarnowego.....	271
Bibliografia	273
INDEKS AKRONIMÓW I SKRÓTÓW.....	275
SKOROWIDZ	277

1. WPROWADZENIE

Niniejsza książka powstała na podstawie wieloletnich wykładów i zajęć dydaktycznych autora ze studentami Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Wydziału Politechnicznego Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Tarnowie. Treści, zawarte w tej książce obejmują głównie problematykę wybranych, niemetalicznych surowców mineralnych wraz z podstawowymi informacjami z zakresu nauk o Ziemi oraz eksploatacji i przeróbki kopalin, a także zagadnienia związane z podstawowymi metodami chemicznymi i fazowymi oceny ich jakości. Surowcami naturalnymi omówionymi w tej książce są surowce skalne. Stanowią one najbardziej liczną i wybitnie zróżnicowaną grupę, wyróżnianą w obrębie klasycznego już podziału niemetalicznych surowców mineralnych (tab. 1.1). Surowce skalne obejmują swoim zasięgiem niezbędne w różnych dziedzinach budownictwa kamienie budowlane i drogowe, a zwłaszcza kruszywa naturalne. Racjonalna gospodarka zasobami naturalnymi i coraz intensywniej dostrzegana dbałość o środowisko naturalne wymaga też szerszej – aniżeli dotąd – jego ochrony. Stwarza to m.in. potrzebę zagospodarowania w większym stopniu surowców wtórnych, ubocznie pozyskiwanych i – w wielu przypadkach – odpadowych. Postępujące ograniczenia w możliwościach czerpania surowców ze środowiska przyrodniczego, zwiększające ich ceny oraz ciągły postęp w wielu technologiach spowodował bowiem m.in. silny wzrost zapotrzebowania na surowce wtórne. Niektóre z nich pochodzą z bieżącej produkcji i stosunkowo łatwo można je włączyć do cyklu produkcyjnego na drodze recyklingu. Inne zaś stanowią materiały już wykorzystane, tj. poamortyzacyjne. Są one pozyskiwane od dotychczasowych użytkowników drogą skupu, sortowania i wstępnego przygotowania. Utylizacja surowców wtórnych na ogół wymaga zużycia mniejszej ilości energii w porównaniu z produkcją wyrobów z surowców pierwotnych. Niejednokrotnie też ich stosowanie przyczynia się do ograniczenia niepożądanego emisji szkodliwych gazów do atmosfery. Autor wyraża przekonanie, że zawarte w niniejszej książce informacje będą przydatne nie tylko dla studentów wielu, politechnicznych kierunków szkół wyższych ale też pomocne dla kształcących się w dziedzinie ochrony środowiska naturalnego. Być może książką tą zainteresuje się także kadra techniczna pracująca w przemyśle surowcowym w związku z potrzebą intensyfikacji ochrony zasobów surowców naturalnych i koniecznością coraz szerszego wykorzystania ich przemysłowych substytutów.

Rozległa problematyka surowców skalnych jest jedną z przyczyn, że autor skoncentrował się na zagadnieniu najbardziej masowego ich wykorzystania jakim

jest produkcja kruszyw naturalnych i łamanych. W grupie surowców skalnych wyróżnia się też specyficzne ich odmiany, które charakteryzują się szczególnie korzystnymi właściwościami – takimi jak np. wyjątkowa czystość chemiczna i jednorodny skład fazowy czy też odpowiednia struktura i tekstura. Takie cechy predysponują je do wykorzystania w różnych technologiach przemysłowych. Zagadnienia te są bardzo obszerne i wykraczają poza ramy tej publikacji. W odniesieniu do technologii ceramicznej ich przykłady zostały omówione w wielu opracowaniach. Z wydanych w ostatnich, kilkunastu latach należy do nich m.in. książka autorstwa P. Wyszomirskiego i K. Galosa pt. *Surowce mineralne i chemiczne przemysłu ceramicznego* (Kraków 2007). Dostępna jest też ona na stronie internetowej: <http://home.agh.edu.pl/pwysz>.

W przygotowaniu niniejszej książki olbrzymią pomoc okazał mi Pan Dr Tadeusz Szydłak z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, któremu za to bardzo dziękuję. Współpraca ta przejawiała się m.in. w wielokrotnych dyskusjach na różnorodne, merytoryczne tematy. Bez Jego życzliwości szata graficzna tej książki byłaby też zdecydowanie uboższa. Wdzięczny jestem wielu Przyjaciołom, Koleżankom i Kolegom z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Politechniki Krakowskiej oraz Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie. Wśród nich nie sposób nie wymienić Pani Profesor dr hab. inż. arch. Marii J. Żychowskiej i Pani Profesor AGH dr hab. inż. Katarzyny Górniak oraz Panów: Profesora dr. hab. inż. Andrzeja Maneckiego, Profesora dr. hab. inż. Krzysztofa Galosa, Profesora AGH dr. hab. inż. Łukasza Zycha oraz Mgr. Adama Gawła za wiele inspirujących uwag i wartościowych spostrzeżeń. Do nadania ostatecznego kształtu tej książki przyczyniły się również cenne sugestie jej Recenzentów w Osobach Pana Profesora dr. hab. inż. Mikołaja Szafrana (Politechnika Warszawska) i Pani Profesor AGH dr hab. inż. Magdaleny Szumery (Akademia Górniczo-Hutnicza).

Moje podziękowania za wsparcie finansowe kieruję pod adresem Pana Prezesa firmy *Kalenborn Polska Sp. z o.o.* w Starachowicach – Mgr. inż. Jacka Godziemskiego oraz Pana Prezesa Kopalń Odkrywkowych Surowców Skalnych w Niemodlinie – Mgr. inż. Tomasza Zawadzkiego. Ponadto, dużą pomoc okazali mi Autorzy niektórych fotografii: Pani mgr inż. Barbara Trybalska (AGH) i Pani Danuta Bator (Wrocław), a także Panowie: mgr inż. Marcin Baranowski (Niemodlin), mgr inż. Sylwester Dąbrowa (Złotoryja), Kazimierz Staszko (Nysa) i Rafał Wiernicki (Wałbrzych). Ich życzliwość przyczyniła się do wzbogacenia strony ilustracyjnej tej książki, za co bardzo dziękuję.

Tabela 1.1

Klasyfikacja surowców mineralnych (Fibich, Kozłowski 1969; nieco uproszczona)

SUROWCE NIEMETALICZNE		SUROWCE METALICZNE		SUROWCE ENERGETYCZNE	
Surowce skalne	głębinyne wylewne metamorficzne węglanowe siarczanowe ilaste krzemionkowe okruchowe	Rudy metali żelaznych i staliwnych	żelaza chromu niklu tytanu molibdenu manganu	Węgłe	węgiel kamienny węgiel brunatny torf
		Rudy metali nieżelaznych	cynku i ołowiu miedzi cyny arsenu	Bituminy	gaz ziemny ropa naftowa łupki bitumiczne
Surowce chemiczne	sól kamienna sole potasowo-magnezowe siarka rodzima anhydryt baryt i fluoryt fosforyt piryt	Rudy metali lekkich (glinu)	boksyty argility		
		Pierwiastki rzadkie i rozproszone	lit, rubid, cez, beryl, bor, gal, ziemie rzadkie, ind, tal, german, cyrkon, selen, ren, stront i inne		
Kamienie szlachetne i półszlachetne	kryształ górski, agat, granat, nefryt, chryzopraz, bursztyn i inne	Pierwiastki promieniotwórcze	uran tor rad		
		Metale szlachetne	złoto srebro		

Bibliografia

- Bolewski A. (red.), 1991-1994, *Encyklopedia surowców mineralnych*. Wydawnictwo CPPGSMiE PAN. Kraków.
- Fibich Z., Kozłowski S., 1969, *Nowa propozycja klasyfikacji surowców mineralnych Polski*. Kwartalnik Geologiczny 13, nr 2, 278-283.
- Wyszomirski P., Galos K., 2007, *Surowce mineralne i chemiczne przemysłu ceramicznego*. ISBN 978-83-7464-116-6. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH. Kraków.