

# **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)

**ISBN 978-83-65955-50-0**



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków  
tel. 608 024 572; [www.akapit.krakow.pl](http://www.akapit.krakow.pl)  
e-mail: [wn@akapit.krakow.pl](mailto: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 <sub>2</sub> 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
<b>5. MINERALNE SUROWCE ODPADOWE I POCHODZĄCE Z RECYKLINGU .....</b>	<b>135</b>
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

<b>6. WSTĘPNA IDENTYFIKACJA PODSTAWOWYCH SKŁADNIKÓW MINERALNYCH KOPALINY W WARUNKACH TERENOWYCH.....</b>	<b>171</b>
Bibliografia .....	179
<b>7. ZARYS METODYKI ANALIZY CHEMICZNEJ SUROWCÓW MINERALNYCH .....</b>	<b>181</b>
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	Węgle	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.