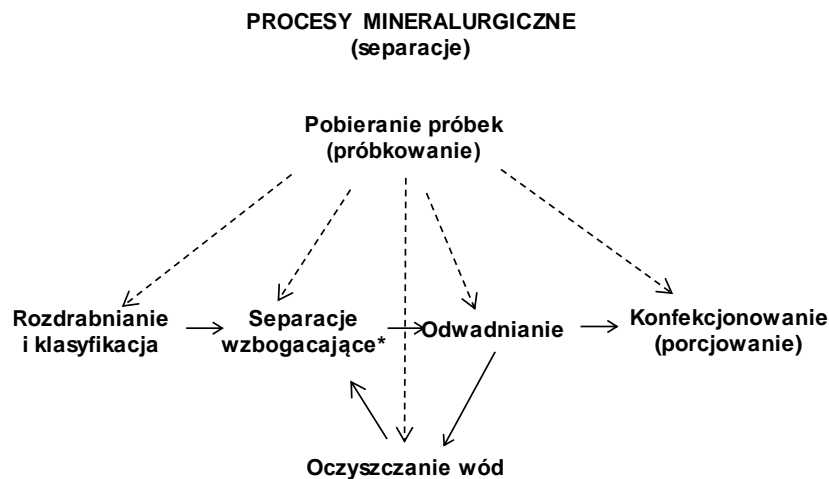


# CHARAKTERYSTYKA PROCESÓW SEPARACJI

## pobieranie prób, porcjowanie, sortowanie

opracowanie Magdalena Duchnowska, Jan Drzymała

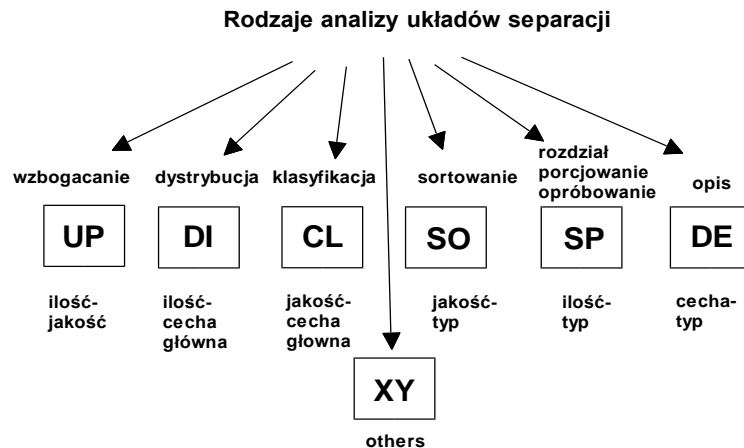
Procesy separacji są powszechnie stosowane w przyrodzie, a także w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych. Separacja polega na rozdzieleniu materiału, zwanego nadawcą, pod wpływem sił separujących na dwa lub więcej produktów, które różnią się od materiału wyjściowego pod względem ilościowym lub jakościowym pod względem co najmniej jednej cechy. Jako cechę w procesach przerobczych przyjmuje się między innymi wielkość ziarna, jego gęstość, kształt, hydrofobowość, zdolność do adhezji, właściwości magnetyczne, cechy elektryczne, zdolność do adsorpcji substancji chemicznych (Drzymała, 2009). Na rys. 1. pokazano schemat typowego procesu przerobczego, który można podzielić na etapy oparte na różnego rodzaju separacjach.



\* jak separacja grawitacyjna, flotacja, koagulacja, sortowanie itd.

Rys. 1. Procesy separacji stosowane w mineralurgii

Wyniki separacji mineralurgicznych analizuje się poprzez bilansowanie materiałowe. Użyteczne jest także sporządzanie graficznej postaci bilansu w postaci wykresów separacji. Istnieje wiele sposobów analizy procesów separacji, które przedstawiona na rys. 2. Z rysunku tego wynika, że rezultatu separacji polegającej na próbkowaniu oraz porcjowaniu graficznie przedstawia się w postaci ilości (masy, wagi, objętości, liczby moli itd.) od typu (nazwy, numeru, symbolu itd.) próbki. Z kolei sortowanie to sposób opisu separacji polegający na przestawianiu wyników separacji, w tym sortowania, w postaci zależności jakości od typu.



Rys. 2. Rodzaje analizy wyników separacji

Zagadnienie próbkowania jest znacznie szersze niż opisano to w tej instrukcji, zwłaszcza gdy zachodzi konieczność korzystania z narzędzi statystycznych (Mercks, 2015).

Jedną z ważniejszych operacji, ze względu na zapewnienia prawidłowości przebiegu całego procesu mineralurgicznego, jest pobieranie próbek. Podkreśla to schemat pokazany na rys. 1. Pobieranie próbek, będące także procesem separacji, można też nazwać jednowyrazowym terminem próbkowanie.

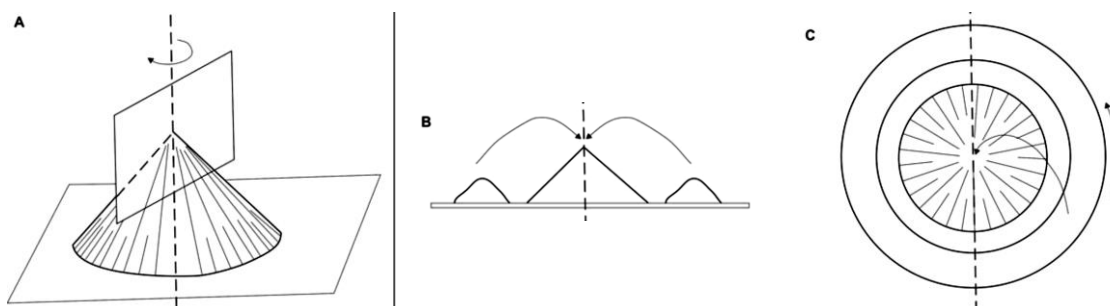
**Pobieranie prób** polega na wykonaniu wielu czynności, których celem jest ocena badanego materiału takiego jak kopalina w złożu, próbka nadawy, produkty procesów separacji. Pobieranie próbek odbywa się według ustalonej procedury, tak aby zapewnić reprezentatywność badanej próbki w stosunku do całości materiału, z którego została pobrana. Próbki materiału do badań mogą być pobrane bezpośrednio w złożu, w zakładzie przerobczym jak i w laboratorium. Pobieranie prób do badań może odbywać się metodami manualnymi, gdzie większość operacji wykonywana jest ręcznie, bądź automatycznie, gdzie pobieranie jest realizowane z wykorzystaniem odpowiedniego narzędzia. Istotne jest aby procedura pobierania prób określała między innymi sposób i plan pobierania próbek reprezentatywnych, czynniki wpływające, opis czynności związanych z pobieraniem itd. (Mucha i Nieć, 2012).

Kolejnym etapem po pobraniu próbek do badań są czynności związane z ich przygotowaniem do analizy. Czynności te obejmują suszenie, rozdrabnianie, przesiewanie, mieszanie oraz pomniejszanie próbek (Mucha i Nieć, 2012).

Suszenie doprowadza próbkę do stanu sypkości, rozdrabnianie daje podstawy pomniejszania próbki, przesiewanie pozwala na wydzielenie nadziarna z próbki, pomniejszanie redukuje masę próbki, a mieszanie zapewnia jej jednorodność. Wykonane czynności powinny zapewnić reprezentatywność pobranej pomniejszonej próbki (Nieć, 1982).

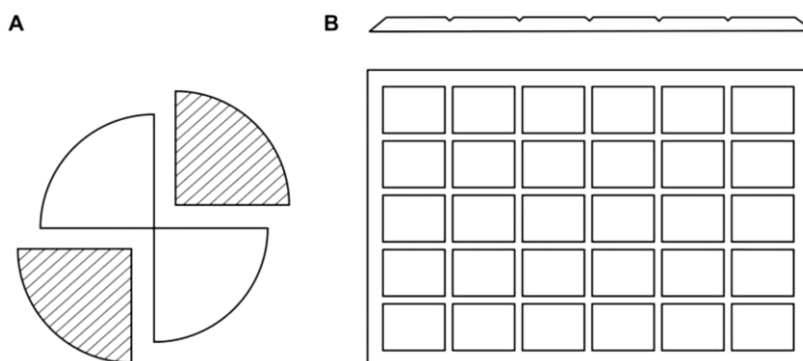
Mieszanie próbki można wykonywać ręcznie bądź przy użyciu sprzętu. Do metod ręcznych należy mieszanie metodą pierścienia i stożka, polegające na utworzeniu pierścienia z usypanego stożka mieszanego materiału (rys. 2). Podczas mieszania tą metodą, należy pamiętać, że stożek należy usypywać, tak aby ziarna rozchodziły się zgodnie z kątem

naturalnego usypu. W celu dokładnego wymieszania próbki operacje należy powtarzać minimum 3 razy (Zarządzenie nr 10/2013, 2013).



Rys. 2. Mieszanie metodą pierścienia i stożka (Mucha, Nieć, 2012) (Materiał próbki usypuje się na gładką powierzchnię w stożek przesypując go najlepiej przez pionowo ustawiony lejek sztywno zawieszony na pewnej wysokości. Usypany stożek rozkręca się za pomocą deski lub łopatki ustawionej pionowo i wciskanej stopniowo wzdłuż jego osi aż do podstawy z jednoczesnym obrotem wokół niej. Dzięki temu stożek przekształca się w pierścień leżący na zewnątrz pierwotnej podstawy stożka. Z kolei materiał z pierścienia przesypuje się łopatką lub szufelką z powrotem do środka i usypuje stożek, przy czym bierze się materiał od strony wewnętrznej pierścienia, przesuwając się po obwodzie tak długo, aż całość zostanie przesypana. Zebrany materiał zsypuje się na stożek centrycznie w taki sposób, aby rozsypał się równomiernie na wszystkie strony. Po przesypaniu całego materiału stożek znów się rozkręca. Czynności te powtarza się 3–4 razy.)

Pomniejszanie podobnie jak mieszanie może być wykonywane metodami ręcznymi lub mechanicznymi. Do ręcznego pomniejszania próbek stosuje się metodę kwartowania oraz metodę porcji (rys. 3.) (Mucha i Nieć, 2012).



Rys. 3. Pomniejszanie próbek metodą kwartowania (A) oraz porcji (B) (Mucha, Nieć, 2012)

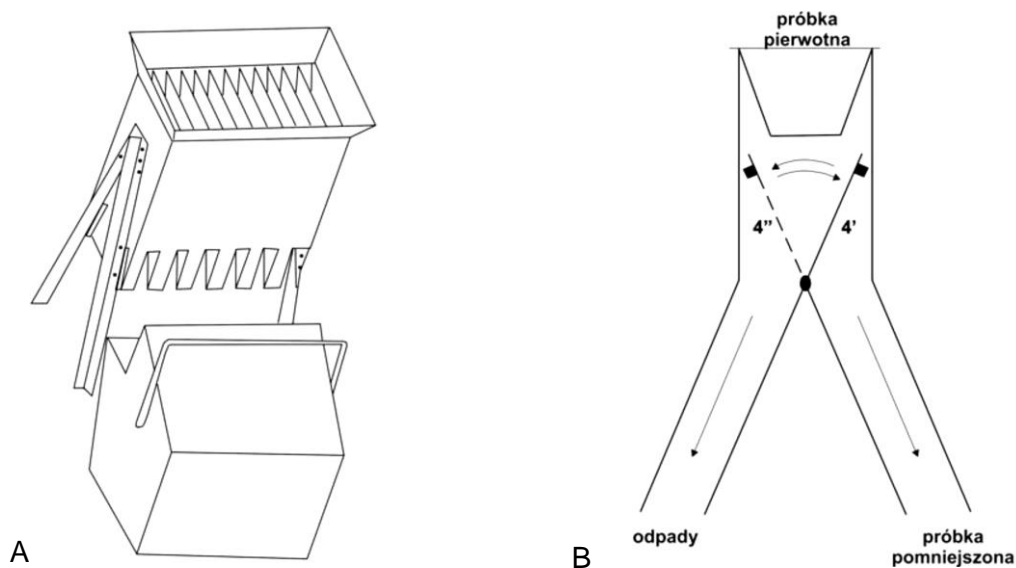
Kwartowanie polega na usypywaniu stożka z pobieranego dokładnie wymieszanego materiału, który następnie spłaszcza i dzieli się krzyżowo na cztery części. Dwie przeciwległe części stanowią materiał do dalszych analiz, natomiast kolejne dwie traktowane są jako odpad. Przy jednorazowym kwartowaniu próbka jest dwukrotnie pomniejszana. Przed kolejnym kwartowaniem próbka musi zostać ponownie dokładnie wymieszana i pomniejszona dwukrotnie (Górecka i in., 1979).

Przy pomniejszaniu metodą porcji, próbka jest usypywana w postaci prostokąta, który jest dzielony przy użyciu blachy lub pręta na 20-30 równych części. Wysokość usypanego materiału musi być minimum 3-5 razy większa niż wielkość największych ziaren. Próbkę

pobiera się albo porcje materiału z każdej części, albo jako całość materiału z losowo wybranych części (Nieć, 1982).

W celu usprawnienia pomniejszania próbek często wykorzystuje się urządzenia mechaniczne. Najczęściej stosowanymi urządzeniami są Aparat Jonesa i pomniejszacz kłapkowy (Mucha i Nieć, 2012). W Aparacie Jonesa (rys. 4.) próbka wsypywana jest do skrzyni składającej się z nachylonych pod kątem  $45^\circ$  przegródek, których wyloty skierowane są do dwóch skrzyni. Pomniejszany materiał powinien być przesypywany do przegródek w równych porcjach. Jedną część uważa się jako próbkę pomniejszoną, a drugą jako odpad. Czynności pomniejszania są prowadzone aż do momentu uzyskania żądanej wielkości próbki (Mucha i Nieć, 2012).

Pomniejszacz kłapkowy (rys. 4.) dzieli próbkę za pomocą wahadła zamontowanego nad rozgałęzieniem dzielącym się na dwa strumienie. Materiał uzyskany z jednego przewodu uważa się jako próbkę, natomiast z drugiego jako odpad (Mucha, Nieć, 2012).



Rys. 4. Aparat Jonesa (A) oraz pomniejszacz kłapkowy (B) (Mucha i Nieć, 2012)

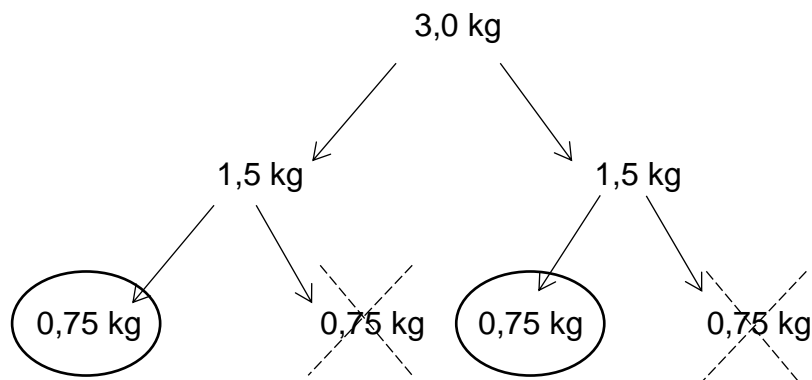
Porcjowanie, to proces podobny do próbkowania. W procesie tym dąży się do tego aby otrzymać nie tylko produkty (porcje) o takim samym składzie (jakości), ale także o takiej samej ilości (liczności, masie, objętości). Porcjowanie odbywa się podobnie jak pobieranie próbek. Może być ono przeprowadzone ręczne lub mechaniczne. Obecnie porcjowanie odbywa się niemal wyłącznie za pomocą maszyn i urządzeń. Porcjowanie zwykle dotyczy produktu końcowego zakładu mineralurgicznego, podczas gdy próbkowanie odbywać się może na dowolnym etapie procesu technologicznego (rys.1). Porcjowanie jest zwykle częścią etapu procesu technologicznego nazywanego konfekcjonowanie, czyli przygotowaniem produktu gotowego do sprzedaży.

Sortowanie jako operacja mineralurgiczna może być mylona z próbkowaniem czy też porcjowaniem. W istocie jest to zupełnie inna operacja, której zadaniem jest podniesienie jakości produktu. Sortowanie, podobnie jak próbkowanie i porcjowanie może odbywać się ręcznie lub za pomocą maszyn i urządzeń. Sortowanie jest jednym z pierwszych procesów

mineralurgicznych (separacji) wykonywanych przez człowieka. Do sortowania można wykorzystać cechę materiałową, którą jest zdolność materiału do wysyłania sygnału o jego właściwościach, zwłaszcza dzięki pochłanianiu lub emisji promieniowania o długości fal elektromagnetycznych do bardzo krótkich do bardzo długich. Dlatego operacje tę nazywa się w literaturze światowej również separacją sensoryczną (sensor-based separation) (Wills i Finch, 2015). Sortowanie może być zrealizowane na przykład w oparciu o barwę składników rud i surowców lub ich zdolność do pochłaniania promieniowania rentgenowskiego.

### Doświadczenie 1.

Z próbki kruszywa o masie 3 kg i uziarnieniu od 0 do 5 mm, pobierz dwie próbki o masie 0,75 kg (rys.1.). W tym celu skorzystaj z podzielnika Jonesa. Próbkę kruszywa należy równomiernie podawać do podzielnika. W wyniku tej czynności otrzymuje się dwie próbki o masie 1,5 kg. W celu sporządzenia próbek o masie 0,75 kg, separację za pomocą podzielnika Jonesa należy powtórzyć dla wcześniej otrzymanych dwóch próbek o masie 1,5 kg. Z otrzymanych czterech próbek o masie 0,75 kg należy wybrać dwie i przeznaczyć je do analizy składu ziarnowego. Analizę sitową obu próbek przeprowadź za pomocą sit o średnicy oczek 1, 2, 4 i 6,3 mm. Narysuj krzywe składu ziarnowego w formie kumulowanej oraz niekumulowanej. Na ich podstawie oceń, czy pobrane próbki były reprezentatywne. Podaj jakie kryterium użyłeś do oceny reprezentatywności.



Rys. 1. Porcjowanie próbki o masie 1.5 kg przy użyciu podzielnika Jonesa

### Doświadczenie 2.

Z przeznaczonych do ćwiczeń produktu flotacyjnego pobierz dwie uśrednione próbki do analiz chemicznych na zawartość miedzi. Każda próbka przesłana do analiz chemicznych musi być jednorodna oraz w całości przesiana przez sito laboratoryjne o wielkości oczek 0,100 mm.

1. Pobieranie reprezentatywnej próbki do oznaczeń powinno być wykonywane metodą kwartowania. W tym celu z otrzymanego produktu flotacyjnego należy

usypać stożek i podzielić go na cztery równe części. Dwie naprzeciwległe części odrzucamy, natomiast z pozostałego materiału formujemy stożek i proces kwartowania powtarzamy do uzyskania pożądanej masy próbki. Masa próbki do analiz chemicznych powinna wynosić od 5 do 10 g.

2. Wydzieloną reprezentatywną próbkę należy w całości przesiać przez sito laboratoryjne o wielkości oczek 0,100 mm. Nadziarno należy utrzyć w moździerzu (np. porcelanowym), a następnie ponownie przesiać.
3. Powtórz czynności opisane w punktach 1. i 2. dla otrzymania drugiej próbki.

Następnie na podstawie analizy chemicznej zawartości miedzi pobranych próbek oceń czy pobrane próbki były reprezentatywne. Uwzględnij, że błąd analiz chemicznych produktów miedziowych KGHM nie może wynosić więcej niż  $\pm 0,3\%$  dla koncentratów,  $\pm 0,03\%$  dla odpadów i  $\pm 0,06\%$  dla nadawy (Foszcz et al., 2016), oznaczonej procentowej zawartości Cu w próbce.

### **Doświadczenie 3.**

Weź 1,0 kg materiału przygotowanego przez prowadzącego ćwiczenia. Wrzuć do niego 4 kulki stalowe o średnicy około 0,5 mm. Dokonaj porcjowania materiału metodą kwartowania. Zważ każdą z czterech porcji. Określ średnią masę (wagę) porcji i błąd porcjowania. Zaobserwuj, czy w każdej porcji jest jedna stalowa kulka. Przedyskutuj dlaczego rozłokowanie kulek jest symetryczne lub niesymetryczne.

### **Literatura**

- Drzymała J., 2009, Podstawy mineralurgii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Foszcz, D., Duchnowska M., Niedoba, T., Tumidajski, T., Accuracy of separation parameters resulting from errors of chemical analysis, experimental results and data approximation, Physicochem. Probl. Minera. Process, 52(1), 2016, 98-111
- Górecka T., Szwed-Lorenz J., Ślusarczyk S., 1979, Geologia Kopalniana. wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Mercks, J.W., Sampling in mineral processing, [http://geostatcam.com/Adobe/Sampling\\_Processing.pdf](http://geostatcam.com/Adobe/Sampling_Processing.pdf), 20 X 2015
- Mucha J., Nieć M., 2012, Opróbowanie złóż kopalni. IGSMiE PAN, Kraków.
- Nieć M., 1982, Geologia Kopalniana, wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Wills B., Finch J., Wills' Mineral Processing Technology, 8th Edition, Elsevier (Butterworth-Heinemann), Amsterdam, 2015.
- Załącznik nr 2 do zarządzenia nr 10/2013, 2013, Instrukcja pobierania i przygotowywania próbek węgla do badań laboratoryjnych w Zakładzie Energetyki Ciepłej Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością w Starachowicach.