



Tworzenie i kategoryzacja parametrów separacji

Creation and categorization of separation parameters

Jan DRZYMAŁA ¹⁾

¹⁾ Prof. dr hab. inż.; Politechnika Wrocławska, Wydział Górniczy, Instytut Górnictwa, Zakład Przeróbki Kopalni i Odpadów; Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; tel.: (+48-71) 320 68 79, e-mail: Jan.Drzymala@ig.pwr.wroc.pl

RECENZENCI: prof. Toshio INOUE; dr hab. Tadeusz TUMIDAJSKI, prof. AGH

Streszczenie

Różne wskaźniki nazywane jako indeks, wskaźnik, czynnik, liczba, efektywność, sprawność, uzysk, stopień, czy też współczynnik są stosowane do oceny procesów separacji. Ponieważ oparte są one o takie wielkości jak wychód i zawartość, a użyte osobno nie są przydatne do oceny procesu separacji, w istocie są one parametrami separacji. W tej pracy pokazano, że istnieje nieskończona liczba parametrów separacji. Mogą być one generowane za pomocą prostych wzorów i zasad stosując wychód, który charakteryzuje ilość produktu, oraz zawartości, które opisują jakość produktu separacji i nadawy. W tej pracy parametry separacji podzielono na grupy i cztery najważniejsze z nich scharakteryzowano.

Parametry separacji mogą być łączone w pary, co pozwala na utworzenie nieskończonej liczby krzywych wzbogacania i klasyfikacji. Ponieważ dowolna para parametrów separacji zawiera w sobie te same informacje o procesie, nie jest możliwe powiedzieć, który parametr, przez innych autorów nazywany także indeksem czy efektywnością, jest lepszy. Tylko ich graficzne i matematyczne postacie są różne.

Summary

Different indicators referred to as indices, factors, numbers, ratios, efficiencies, recoveries, degrees, coefficients, etc. are used for evaluation of separation processes. Since they are based on yields and contents, and when used alone are not able to evaluate separation process, in fact all of them are separation parameters. It was shown in this paper that there is unlimited number of separation parameters. They can be generated by means of simple formulas and rules using yield, which characterizes the quantity, and the contents, which describe the quality of separation products and the feed. In this paper the separation parameters were divided into families and four most important groups were characterized and discussed in the paper.

The separation parameters can be combined into pairs to create unlimited number of either upgrading or classification plots. Since any pair of separation parameters carries the same information about the process, it is not possible to say which parameter (by others also called index, efficiency, etc.) is better. Only their graphical and mathematical forms are different.

1. Wprowadzenie

Procesy separacji stosowane są w chemii, fizyce, mineralurgii, przeróbce węgla, czy też w inżynierii materiałowej. Zachodzą one także w przyrodzie. Separacja prowadzi do podziału nadawy na dwa lub więcej produktów. Aby scharakteryzować proces separacji, produkty trzeba poddać analizie ilościowej i jakościowej. Opis dowolnego procesu separacji wymaga wychodu produktów, zawartości składnika lub frakcji w nadawie oraz zawartości wybranego składnika lub frakcji przynajmniej w jednym produkcie separacji. Przy tym wychód wskazuje ilość (masę, objętość, liczbę ziarn, itp.) podczas gdy zawartości opisują jakość produktu oraz nadawy. Istnieją przynajmniej dwa różne sposoby charakteryzowania jakości nadawy i produktów separacji (Drzymala, 2001, 2002). Pierwsza polega na określaniu zawartości wybranego składnika w nadawie i produktach separacji. Podejście to jest zwykle nazywane wzbogacaniem. Zawartość wybranego składnika w produkcie może być określany różnymi metodami. Najbardziej użyteczne są analizy chemiczne i mineralogiczne. Drugi sposób wyrażania jakości nadawy i produktów separacji jest oparty o zawartość frakcji w produktach. Podejście to jest używane np. przy

1. Introduction

Separation processes are performed in many fields including chemistry, physics, mineral processing, coal preparation, materials engineering. They also take also place in nature. Separation leads to a split of the feed into two or more products. To characterize the process, the products are subjected to quantity and quality analyses. A meaningful delineation of any separation process requires information on the yield of the products, content of a component or fractions in the feed, and the content of a component or fractions in at least one product of separation. The yield indicates the quantity (mass, volume, number or particles, etc.) while the content gives the quality of products and feed. There are at least two different ways to characterize the quality of the feed and separation products (Drzymala, 2001; 2002). The first relays on the content of a selected component in the feed and products of separation. This approach is usually called upgrading or enrichment. The content of a selected component in a product can be determined by different means. The most useful are the chemical and mineralogical analyses. The second way of expressing the quality of the feed and products of separation is the content

przesiewaniu i separacji grawitacyjnej, a nazywane jest klasyfikacją. W klasyfikacji jakość produktów separacji i nadawy podaje się jako zależność pomiędzy zawartością różnych frakcji a wartością cechy wykorzystywanej w separacji.

Innym sposobem opisu procesu separacji, obok wzbogacania i klasyfikacji, może być na przykład sortowanie.

Wyniki wzbogacania mogą być prezentowane graficznie jako zależność zawartości składnika w produkcie od wychodu produktu. Wykres taki jest znany jako krzywa lub wykres Henry'ego (Reinhardt, 1943; Tarjan, 1981). Krzywa Henry'ego może być wykreślana jako nieskumulowana (histogram) lub w formie skumulowanej. Czasami krzywe Henry'ego są rysowane nie w układzie liniowym lecz log-normal i log-log (Kelly i Spottiswood, 1982). Dla kompletności wykresy wzbogacania uzupełnia się liniami wskazującymi brak i idealne wzbogacanie.

Najprostszy wykres klasyfikacji, będący ujęciem Henry'ego, jest różny od wykresu wzbogacania ponieważ zawiera on dwie linie. Jedna reprezentuje jakość jednego produktu w formie zawartość różnych frakcji jako funkcja wartości cechy frakcji, podczas gdy druga reprezentuje nadawę lub inny produkt separacji. Należy dodać, że pojedyncza linia na takim wykresie jest krzywą składu (rozmiaru, gęstości, hydrofobowości, itd.) ziarnowego. Zarówno krzywe wzbogacania jak i krzywe klasyfikacji mogą być rysowane w formie histogramu lub skumulowane. Aby krzywe stały się prostymi można je modyfikować stosując logarytmowane osie odciętych i/lub rzędnych.

Wychód i zawartości wystarczają do pełnej charakterystyki dowolnego procesu wzbogacania. Jednakże istnieje w literaturze znaczna liczba parametrów separacji traktowanych jako wskaźniki separacji, do których stosuje się takie nazwy jak indeks, stosunek, efektywność, selektywność, separacja, osiągi, liczba, ułamek, uzysk, czynnik, współczynnik, itd. Nie jest to poprawne, gdyż nie wnoszą one żadnych nowych informacji o procesie separacji, ani też nie mogą być użyte samodzielnie do oceny separacji. Niektórzy dzielą wskaźniki na jakościowe (E'), ilościowe (E'') i ogólne (E^*). Podział ten był zaproponowany przez Taggarta (1948) i był omawiany przez Budryka i Stepińskiego (1954) oraz Sztabę (1993). Dla rozróżnienia, wskaźniki efektywności E'_i , E''_i , oraz E^*_i mają dodatkowe oznaczenie liczbowe $i = 1, 2, 3, \dots$

W tej pracy będzie pokazane, że istnieje nieskończona liczba parametrów separacji, które mogą być matematycznie generowane przez manipulację trzema podstawowymi parametrami, tj. wychodem (γ), jakością nadawy (α) i jakością produktu (λ).

of fractions in the product. This approach is for instance used to delineate such processes as screening or gravity separation, and can be called classification. In classification, the quality of a product of separation and the feed is given as a relationship between the content of different fractions and the value of the feature employed to accomplish the separation.

Another possible way of delineation of separation process, beside upgrading and classification, can be for instance sorting.

The results of upgrading can be graphically presented as content of a component in a product vs. yield of the product. Such a plot is known as the Henry curve or plot (Reinhardt, 1943; Tarjan, 1981). The Henry curve can be plotted either as a histogram or in a cumulative form. Sometimes the Henry curves are plotted as a log – normal or log – log relationships (Kelly and Spottiswood, 1982). For the sake of completeness, the upgrading graphs should be supplement with lines indicating no and ideal upgrading.

The simplest classification plots, analogs of the Henry upgrading curves are different because they consist of two lines (functions). One represents the quality of one product in the form of content of different fractions vs. the values of the feature of the fraction, while the other represents the feed or another product of separation. It should be added that an individual line on such a classification plot is a distribution of size (density, hydrophobicity, etc.) curves. Both the upgrading curves and classification plots can be presented either as histograms or cumulative curves. They can be modified to make them straight lines by using logarithmic scales for abscissa and/or ordinate.

The yield and content are sufficient to characterize fully any separation process. However, there is a great number of various separation parameters considered as indicators referred to as index, ratio, effectiveness, efficiency, selectivity, separation, performance, number, recovery, etc. This is not correct since they do not provide any new information about the process and cannot be used alone for evaluation of the separation process. The indicators were divided into quality (E'_i) quantity (E''_i) and general (E^*_i) parameters by Taggart (1948) and discussed by Budryk and Stepinski (1954) and Sztaba (1993). Within a group the separation parameters have different indices ($i = 1, 2, 3, \dots$).

It will be shown in this paper that unlimited number of separation parameters, including many hitherto proposed ones, can be generated by simple mathematical manipulations of the three basic parameters, that is yield (γ), quality of the feed (α), and the quality of products (λ).

2. Generowanie parametrów separacji

2.1. Parametry pierwotne

Jak to już dyskutowano ilość (wychód, γ) i dwa parametry jakościowe (zawartość wybranego składnika w nadawie α i jednym produkcie λ) oraz wartość cechy dzięki której nastąpił rozdział są podstawowymi parametrami niezbędnymi dla pełnej charakterystyki separacji. Te podstawowe (pierwotne) parametry ogólnie pokazano w tabeli 1. Stosuje się je we wzbogacaniu (tabela 2) jak i w klasyfikacji (tabela 3).

Tablica 1
Pierwotne parametry separacji

Pierwotne parametry separacji Primary parameters of separation	
γ – wychód produktu – yield of product	λ – zawartość składnika lub arbitralnie wybranej frakcji w produkcie – content of component or arbitrarily chosen fractions in product
	α – zawartość składnika lub arbitralnie wybranej frakcji w nadawie – content of component or arbitrarily chosen fractions in feed

Tablica 2
Pierwotne parametry do charakteryzowania separacji jako proces wzbogacania. γ_i = wychód, λ_{ij} zawartość składnika, i – produkt ($i = 1$ or 2), j – składnik ($j = 1$ or 2), $i = 0$ oznacza nadawę

Wychód Yield of	Zawartość Content of	
	składnika 1 component 1	składnika 2 component 2
Produktu 1 Product 1 γ_1	λ_{11}	λ_{12}
Produktu 2 Product 2 γ_2	λ_{21}	λ_{22}
Nadawy Feed $\gamma_0 = 100\%$	$\lambda_{01} = \alpha_1$	$\lambda_{02} = \alpha_2$

Tablica 3
Pierwotne parametry dla charakteryzowania separacji jako procesu klasyfikacji, $\lambda_{i,k}$ zawartość frakcji k w produkcie i ($i = 1$ or 2) lub w nadawie ($i = 0$), c – wartość cechy wykorzystanej do separacji, k – numer frakcji

Wychód Yield of	Zawartość frakcji w produkcie lub nadawie Content of fractions in products or feed
Produktu 1 Product 1 γ_1	$\lambda_{1,k} = f(c)$
Produktu 2 Product 2 γ_2	$\lambda_{2,k} = f(c)$
Nadawy Feed $\gamma_0 = 100\%$	$\lambda_{0,k} = \alpha_k = f(c)$

2. Generating separation parameters

2.1. Primary parameters

As it was discussed above the quantity (yield, γ) and two quality parameters (content in the feed α and in one product, λ) and the value of the feature which was exploited during separation are the principal parameters required for a full characterization of separation process. The primary parameters are schematically shown in Table 1. They are applicable for upgrading (Table 2) and classification (Table 3).

Table 1
Primary parameters of separation

Table 2
Primary parameters for characterization of separation as upgrading process. γ_i = yield, λ_{ij} content of a component, i – product ($i = 1$ or 2), j – component ($j = 1$ or 2), $i = 0$ denotes feed

Table 3
Primary parameters for characterization of separation as a classification process, $\lambda_{i,k}$ content of a fraction k in product i ($i = 1$ or 2) or in feed ($i = 0$), c – value of the feature used for separation, k – fraction number

Generalnie, pierwotne parametry separacji to γ_j oraz λ_{ij} , gdzie $i = 0, 1, 2, \dots$ jest numerem produktu (0 – nadawa, 1 – produkt 1, 2 – produkt 2) oraz $j = 1, 2, \dots$ jest składnikiem lub numerem frakcji k . Wartość i została ograniczona do wartości 0, 1 i 2 podczas gdy j do 1 i 2, ponieważ w dowolnym punkcie separacji proces ten może być rozpatrywany jako procedura, która z nadawy (0) dostarcza produktu 1 (koncentratu) oraz pozostałego materiału 2, podczas gdy produkty i nadawa składają się z użytecznego składnika lub frakcji 1 i pozostałego składnika lub frakcji 2.

Pierwotne parametry mogą także być stosowane w innych postaciach matematycznych. Na przykład wychód γ może być wyrażony jako $1/\gamma$ — Barskij i Rubinstein (1970) nazwali go stopniem zredukowania masy. Należy zauważyć, że separacja może być charakteryzowana za pomocą prostszych niż pierwotne parametry poprzez wyrażenie ilości i jakości produktów bezpośrednio za pomocą mas.

2.2. Parametry wtórne

Wtórne parametry separacji można otrzymać przez kombinację pierwotnych parametrów, to jest wychodu z zawartością λ oraz jakością nadawy α . Ogólna formuła generująca wtórne parametry separacji ma postać:

$$\gamma^x \lambda^y \alpha^z \quad (1)$$

gdzie:

x , podobnie jak y i z mogą przyjmować wartości 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 , ± 4

Listę wybranych parametrów wtórnych generowanych za pomocą równania 1 podano w tabeli 4. Parametry te mogą być użyte do charakteryzacji separacji zarówno z punktu widzenia wzbogacania jak i klasyfikacji.

Ponieważ oznaczenia stosowane we wzbogacaniu i klasyfikacji są nieco różne, pokazano je szczegółowo w tabelach 5 i 6. Należy zauważyć, że równanie to także generuje wychód i zawartość, tj. pierwotne parametry separacji.

2.3. Parametry trzeciej generacji

Często parametry należące do tej i dalszych rodzin mogą być nazywane indeksami, stosunkami, efektywnościami, sprawnościami, liczbami, wskaźnikami, czynnikami, współczynnikami, itd. Wyrażenia te są stosowane po to, aby podkreślić, że łączą one w sobie stan jednego składnika w dwóch różnych produktach lub dwa składniki w jednym produkcie. Z drugiej strony stosowanie terminu daje iluzję, że jeden wskaźnik wystarczy do oceny procesu separacji.

Generally, the primary separation parameters are γ_j and λ_{ij} where $i = 0, 1, 2, \dots$ is product number (0 – feed, 1 – product 1, 2 – second product) and $j = 1, 2, \dots$ is the component or fraction number k . We restrict i to 0, 1 and 2 whereas j to 1 or 2 because at any point the separation process can be considered as a procedure which provides a product 1 (concentrate) and remaining material 2 while the products and feed consists of a desired component or fraction 1 and remaining component or fraction 2.

The primary parameters can also be used in different mathematical forms. For instance yield (γ) can be expressed as $1/\gamma$ and referred to as the mass reduction degree (Barski and Rubinstein, 1970). It should be noticed that the separation could be characterized by expressing the quality and quantity of the products directly in mass units.

2.2. Secondary parameters

Secondary separation parameters can be obtained by combining the primary parameters, that is yield γ , content λ and feed quality α . A general formula for generating the secondary separation parameters is:

where:

x as well as y and z can assume the value of 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 , ± 4

A list of selected secondary parameters generated with formula 1 is given in Table 4. These parameters can be used for characterizing separation both from the upgrading and classification perspectives.

Since the notations used in upgrading and classification are slightly different, they are shown in more detail in Table 5 and 6, respectively. It should be noticed that equation 1 also generates yield and content which are the primary parameters of separation.

2.3. Third generation parameters

Frequently parameters belonging to this and higher groups can be termed as index, ratio, effectiveness, efficiency, selectivity, separation, performance, number, factor, coefficient, etc. These terms are used to stress that they combine the status of one component in two different products or two components in the same product. On the other hand these terms gives an illusion that one index is sufficient to evaluate the separation process.

Parametry trzeciej generacji można utworzyć przez mnożenie, dzielenie, odejmowanie lub dodawanie parametrów wtórnych dla składników lub frakcji w produktach. Tabela 7 prezentuje wybrane parametry należące do tej grupy.

The third generation of parameters can be produced either by multiplying, dividing, subtracting or adding secondary parameters for components or fractions in products. Table 7 presents selected parameters belonging to this group.

Tablica 4
Wybrane wtórne parametry, które mogą być wyprowadzone w oparciu o równanie $\gamma^x \lambda^y a^z$ i użyte do charakteryzowania separacji

Table 4
Selected secondary parameters that can be derived from the formula $\gamma^x \lambda^y a^z$ and used for characterization of separation

Parametr wtórny* Secondary parameter*	Nazwa parametru Name of the parameter	Źródło Reference	Wartości x, y, z Values of x, y, z
$\gamma\lambda$	units of a component (total is 100%)	Tarjan, 1981	x = 1 y = 1 z = 0
$\frac{\gamma}{\lambda}$	$\frac{\gamma}{\lambda} = t$, Toporkov's parameter	Tarjan, 1981	x = 1 y = -1 z = 0
$\frac{\lambda}{a}$	$\frac{\lambda}{a} = k$, upgrading ratio	Laskowski, Łuszczkiewicz, 1989	x = 0 y = 1 z = -1
$\frac{\gamma}{a}$	$\frac{\gamma}{a} = w$, Dell's parameter	Dell, 1953	x = 1 y = 0 z = -1
$\gamma\frac{\lambda}{a}$	$\gamma\frac{\lambda}{a} = \varepsilon$, recovery	Tarjan, 1981	x = 1 y = 1 z = -1
$\frac{\gamma\lambda^2}{a}$	$\frac{\gamma\lambda^2}{a} = \varepsilon\lambda$	Kelly, Spottiswood, 1982	x = 1 y = 2 z = -1
γa		Tarjan, 1981	x = 1 y = 0 z = 1
$\frac{\gamma\lambda}{a^2}$	$\frac{\gamma\lambda}{a^2} = \frac{\varepsilon}{a}$	Drzymała, 2002	x = 1 y = 1 z = -2

* inne możliwe wtórne parametry to $\frac{a}{\lambda}$, $\frac{a}{\gamma}$, $\frac{a}{\gamma\lambda}$, itd.

* other possible secondary parameters: $\frac{a}{\lambda}$, $\frac{a}{\gamma}$, $\frac{a}{\gamma\lambda}$, etc.

Tablica 5
Wtórne parametry separacji kiedy separacja jest chakteryzowana jako wzbogacanie

Table 5
Secondary separation parameters when the separation is characterized as upgrading process

x, y, z are equal to 0, ±1, ±2, ±3	Składnik 1 Component 1	Składnik 2 Component 2
Produkt 1 Product 1	$\gamma_1^x \lambda_{11}^y a_1^z$	$\gamma_1^x \lambda_{12}^y a_2^z$
Produkt 2 Product 2	$\gamma_2^x \lambda_{21}^y a_1^z$	$\gamma_2^x \lambda_{22}^y a_2^z$

Tablica 6

Wtórne parametry separacji kiedy separacja jest chakteryzowana jako klasyfikacja

Table 6

Secondary separation parameters when the separation is characterized as classification process

Wychód Yield of	Parametry frakcji w produkcie lub nadawie Parameter of fractions in products or feed
Produktu 1 Product 1 γ_1	$\gamma_1^x \lambda_{1,k}^y a_k^z = f(c)$
Produktu 2 Product 2 γ_2	$\gamma_2^x \lambda_{2,k}^y a_k^z = f(c)$
Nadawy Feed $\gamma_0 = 100\%$	$\gamma^x \lambda_{0,k}^y a_k^z = f(c)$

Tablica 7

Wybrane parametry separacji trzeciej generacji. Mogą być one utworzone przez mnożenie, dzielenie, odejmowanie lub dodawanie parametrów wtórnych

Table 7

Selected separation parameters of the third generation. They can be generated by multiplying, dividing, subtracting or adding the secondary parameters

Parametry trzeciej generacji Third generation parameter	Na przykład stosowane przez For instance used by:
kombinacja uzysków combination of recoveries	
$\frac{\varepsilon_{ij}}{\varepsilon_{ij}}$	$\frac{\varepsilon_{11}}{\varepsilon_{12}}$, Ulewicz et al., 2001
$\varepsilon_{ij}\varepsilon_{ij}$	$\varepsilon_{11}\varepsilon_{12}$, Fomenko, 1957; Barski, 1970
$\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ij}$	$\varepsilon_{11} - \varepsilon_{12}$, Schulz, 1970; Barskij and Rubinstein, 1970**
$\varepsilon_{ij} + \varepsilon_{ij}$	$\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} - 100\%$, Sresty and Somasundaran, 1980; Gebhardt and Fuersenu, 1986
$\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ij}^*$	$\varepsilon_{11} - \varepsilon_{11}^*$ (equivalent to $\varepsilon_{11} - \gamma_1$ because $\varepsilon_{11}^* = \gamma_1$), index used in ceramic industry (Myjkowski, 1999)
kombinacja zawartości combination of contents	
$\frac{\lambda_{ij}}{\lambda_{ij}}$	Taggart, 1948; Sztaba, 1993
$\lambda_{ij}\lambda_{ij}$	
$\lambda_{ij} - \lambda_{ij}$	Taggart, 1948; Sztaba, 1993
$\lambda_{ij} + \lambda_{ij}$	
inne kombinacje (wychód, zawartość, uzysk) other combinations (yields, contents, recoveries)	
$\gamma_{ij}\lambda_{ij} - \gamma_{ij}\lambda_{ij}$	$\gamma_1\lambda_{11} - \gamma_1\lambda_{12}$

* wartość parametru gdy proces jest nieselektywny
** równoważny wskaźnikowi Hancocka

* value of parameter when the process is non-selective
** equivalent to the Hancock index

2.4. Czwarta generacja parametrów separacji

Kombinacje parametrami separacji trzeciej generacji dają parametry czwartej generacji. Tabela 8 przedstawia kilka ich przykładów.

2.4. Fourth generation of separation parameters

Combining separation parameters of the third generation creates the fourth generation separation parameters. Table 8 provides some examples.

Parametr czwartej generacji Fourth generation parameter	Przykład, źródło literaturowe Example, reference
$\sqrt{\frac{\lambda_{ij}\lambda_{ij}}{\lambda_{ij}\lambda_{ij}}}$	$\sqrt{\frac{\lambda_{11}\lambda_{22}}{\lambda_{12}\lambda_{21}}}$, Gaudin's index, Gaudin, 1963
$\frac{\lambda_{ij}(\lambda_{ij}-\lambda_{ij})}{\lambda_{0j}(\lambda_{ij}-\lambda_{ij})}$	$\frac{\lambda_{11}(a_1-\lambda_{21})}{a_1(\lambda_{11}-\lambda_{21})}$, Li Jierong, 1982
$\frac{(\varepsilon_{ij}-\gamma_i)(\lambda_{ij}-a_j)}{(100-\gamma_i)(100-a_j)}$	$\frac{(\varepsilon_{11}-\gamma_1)(\lambda_{11}-a_1)}{(100-\gamma_1)(100-a_1)}$, Jierong Li, 1982; Vejbjaj Hu, 1975
$\frac{100(\lambda_{ij}-a_j)}{(100-a_j)}$	$\frac{100(\lambda_{11}-a_1)}{(100-a_1)}$, Hall, 1971
$\frac{\varepsilon_{ij}-\varepsilon_{ij}^*}{100-\varepsilon_{ij}^*}$	$\frac{\varepsilon_{11}-\varepsilon_{11}^*}{100-\varepsilon_{11}^*}$, Drzymala, 2001

* odzysk przy wychodzie liczbowo równym zawartości składnika *j* w produkcie *i* dla procesu nieselektywnego

* recovery when the yield is numerically equal to content of component *j* in product *i* for a nonselective process

2.5. Inne parametry separacji

Ponieważ istnieje nieskończona liczba parametrów separacji, istnieją zatem i dalsze rodziny parametrów separacji. Na przykład Barskij i Rubinstein (1970) proponowali wskaźniki oparte na logarytmach β , ε , α . Jednym, z nich jest $1 - \log \varepsilon / \log \gamma$. Niektórzy autorzy proponują wskaźniki oparte o całkowanie krzywych separacji. Te skomplikowane parametry separacji nie dostarczają żadnej nowej informacji o separacji, a ich zastosowanie jest trudne.

Należy zauważyć, że niektóre złożone parametry separacji redukują się do innych, w tym prostych, postaci. Na przykład $\gamma\lambda^2/\alpha = \varepsilon\lambda$, co pokazano w tabeli 4. Innym, przykładem jest formuła Hancocka, której istnieje bardzo dużo różnorodnych postaci (Barski i Rubinstein, 1970).

3. Podsumowanie

Istnieje nieskończona liczba parametrów separacji. Niektórzy autorzy dzielą je na parametry (pokazujące stan jednego składnika w jednym produkcie) i wskaźniki pokazujące stan jednego składnika w różnych produktach lub różnych składników w jednym produkcie. Jeszcze inni traktują wszystkie parametry jako wskaźniki i dzielą je na wskaźniki jakościowe, ilościowe i ogólne. W tej pracy pokazano, że wszystkie indeksy i efektywności są w istocie parametrami separacji, gdyż są one kombinacją tych samych wielkości, tj. zawartości i wychodów, a stosowane osobno nie pozwalają na ocenę procesu separacji. Procesy separacji można ocenić i scharakteryzować tylko wtedy zastosuje się dwa parametry jednocześnie. Ponieważ dowolna para parametrów separacji zawiera w sobie te same informacje o procesie, nie jest możliwe powiedzieć, który parametr,

2.5. Other separation parameters

Since there is an unlimited number of separation parameters, there are other families of separation parameters. For instance Barskij and Rubinstein (1970) proposed different indices based on logarithmic value of β , ε , and α . One of them is $1 - (\log \varepsilon / \log \gamma)$. Some authors proposed factors based on an integration of separation curves. These complex separation parameters do not provide any new information on the characterization of separation and their application is difficult.

It should be noticed that some apparently complex separation parameters could be reduced to simple forms. For instance $\gamma\lambda^2/\alpha = \varepsilon\lambda$, and this has already been shown in Table 4. Another example is the Hancock formula, which assumes many other forms Barskij and Rubinstein (1970)

3. Conclusions

There is unlimited number of separation parameters. Some authors divide them into separation parameters (showing the state of one component in one product) and indices showing the state of one component in different products or different components in one product. Other authors treat the separation parameters and indices as efficiencies and divide them into quality, quantity, and general. It was shown in this work that all the efficiencies and indices are in fact separation parameters because they represent a combination of the same quantities, that is, contents and yields, and when used alone are not able to indicate the extent of separation. The separation process can be evaluated and characterized only when two separation parameters are used simultaneously. Since any pair of separation parameters carries the same information about the process, it is

przez innych autorów nazywany także indeksem czy efektywnością, jest lepszy. Tylko ich graficzne i matematyczne postacie są różne.

Biorąc pod uwagę jak parametry separacji są generowane, zostały one podzielone na pięć głównych grup (generacji). Pierwsza grupa zawiera trzy podstawowe parametry tj. wychód γ i zawartości λ oraz α i nazywane są one parametrami pierwotnymi lub podstawowymi. Drugą grupę stanowią parametry wtórne i są one generowane równaniem 1, a powstają przez kombinacje parametrów pierwotnych. Trzecia rodzina może być tworzona poprzez mnożenie, dzielenie, odejmowanie i dodawanie wtórnych parametrów, podczas gdy czwarta grupa jest wynikiem kombinacji parametrów trzeciej grupy. Są także możliwe dalsze grupy parametrów separacji. Parametry separacji mogą być łączone w pary dając nieskończoną liczbę wykresów wzbogacania dla składników i klasyfikacji dla frakcji.

not possible to say which parameter (by others also called index, efficiency, etc.) is better. Only their graphical or mathematical forms can be different.

Taking into account how the separation parameters are generated, they were divided into five general families (generations). The first group consists of the three principal parameters, that is, yield (γ) and contents (in a product – λ and in the feed – α). They can be called the principal parameters. The second group is generated by a combination of the principal parameters (Eq.1). The third family can be generated either by multiplying, dividing, subtracting, or adding the secondary parameters, while the fourth generation parameters result from combinations of the third group parameters. Other families of separation parameters are also possible. The separation parameters can be combined into pairs to create unlimited number of upgrading (for components) and classification (for fractions) plots.

4. Literatura — References

1. Barskij, L.A., Rubinstein, J.B., 1970, *Cybernetic methods in mineral processing*, Nedra, Moscow, 1970, in Russian
2. Budryk W., Stepiński W., 1954. *Teoria przeróbki mechanicznej kopalin, skrypty uczelniane AGH, PWN, Kraków*
3. Dell, C.C., 1953, *Release analysis – a new tool for ore-dressing research*, in: *Recent developments in mineral dressing*, London, IMM, 75-84
4. Drzymala, J., 2001, *Podstawy mineralurgii, Oficyna Wydawnicza, Wrocław, in Polish*
5. Drzymala, J., 2002, *Generating upgrading curves used for characterizing separation processes*, *Inżynieria Mineralna (Journal of the Polish Mineral Engineering Society)*, in press
6. Fomenko, T. G., 1957, *Determination of optimal indices of upgrading*, *USSR Magadanskij NII 1*, chapter IV, *Upgrading and metallurgy*, 24, *Severostoc-zoloto*, 1957 (in Russian)
7. Gaudin, A.M., 1963, *Flotation, Slask, Katowice, (Polish edition)*
8. Gebhardt, J.E., Fuerstenau, D.W., 1986, *Flotation behavior of hematite fines flocculated with polyacrylic acid*, *Minerals and Metallurgical Processing*, 164-170
9. Hall, W., B., 1971, *The mathematical form of separation curves based on two known ore parameters and a single liberation coefficient*, *Trans. IMM, Sec. C.*, 80, C213-C221
10. Hu Vejbjaj, 1975, *How to calculate separation efficiency*, *Non-ferrous Metals (Mineral Processing)*, 6, 40-50
11. Jierong, Li, 1982, *The practice of concentration and the way to increase grade and recovery of the graphite concentrate in Nanshu Graphite Mine, Shandong, China*, *Proc. IMPC, Canada*, V-91 – V-9-10
12. Kelly, E.G., Spottiswood, D.J., 1982, *Introduction to mineral processing*, Wiley, New York
13. Laskowski, J., Luszczkiewicz, A., 1989, *Mineral processing – upgrading of mineral raw materials*, Pol. Wroc., Wrocław, in Polish
14. Myjkowski, M., 1999, *Master thesis*, Wrocław Technical University

15. Reinhardt, K., *Characteristic der Feinkohlen und ihre aufbereitung mit Rucksicht auf der grosse Ausbringen*, *Gluckauf*, 47(6-7), 221, 257-264
16. Schulz, N.F., 1970, *Separation efficiency*, *Trans. Soc., Min. Eng., AIME*, 247, 81-87
17. Sresty, G.C., Somasundaran, P., 1980, *Selective flocculation of synthetic mineral mixtures using modified polymers*, *Inter. J. Min. Process.*, 6, 303-320
18. Taggart, A.F., 1948, *Handbook of Mineral Dressing - Ores and Industrial Minerals*, New York, Wiley,
19. Tarjan, G., 1981, *Mineral Processing, Vol.1*, Akademiai Kiado, Budapest
20. Ulewicz, M., Walkowiak, W., Kozłowski, C., 2001, *Selective flotation of zinc (II) and cadmium (II) ions from dilute aqueous solutions in the presence of halides*, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 35, 21-29
21. Sztaba K., 1993. *Przesiewanie*, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice, 1993 in Polish