

Kazimierz SZTABA*

WARUNKI I MOŻLIWOŚCI ROZBUDOWY I UJEDNOLICENIA OPISÓW MODELOWYCH PROCESÓW KLASYFIKACJI PRZEPŁYWOWEJ

Procesy klasyfikacji przepływowej odgrywają szczególną rolę w technologii materiałów drobno uziarnionych. Podstawowy zakres opisu tych procesów nie obejmuje licznych uzależnień od warunków ich rzeczywistego przebiegu. Wielka różnorodność praktycznych realizacji klasyfikacji przepływowej utrudnia ich wzajemne porównywanie, niezbędne przy wyborze rozwiązań najkorzystniejszych. Przedstawiono przegląd uwarunkowań takich procesów z próbą ich systematyzacji i określenia grup wielkości zmiennych, charakteryzujących różne realizacje. Może on być punktem wyjścia do stopniowego ujednolicania modeli procesów klasyfikacji.

1. WPROWADZENIE

Procesy przepływowe (strumieniowe, hydro- i aerodynamiczne, grawitacyjne, odśrodkowe) występują w przeróbce materiałów uziarnionych w licznych zastosowaniach, z których podstawowe, to: klasyfikacja ziarnowa, wzbogacanie ("grawitacyjne") i odwadnianie. W niniejszym opracowaniu omawiane są wyłącznie na przykładzie operacji klasyfikacji ziarnowej, możliwej do przeprowadzenia w zakresie ziarn bardzo drobnych, praktycznie wyłącznie jako proces przepływowy. Założenia tego opracowania są jednak szersze - stanowi ono próbę przedstawienia perspektyw rozwijania opisów (modeli) takich procesów z ich stopniowym ujednolicaniem dla rozlicznych, różnorodnych realizacji technicznych, aż do umożliwienia - w przyszłości - utworzenia w miarę ogólnego zapisu modelowego, obejmującego większość (wszystkie?) takich realizacji. W związku z takim zamierzeniem, w treści opracowania znajdują się odwołania do innych - niż klasyfikacja - zastosowań procesów przepływowych, włączając także przypadki charakterystyczne dla technologii materiałów o uziarnieniu nie kwalifikującym ich do grupy drobno uziarnionych.

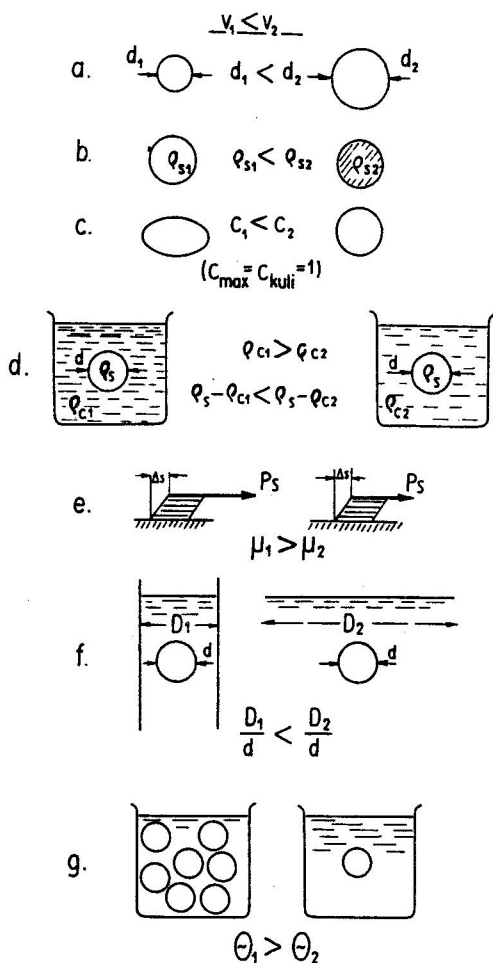
2. PODSTAWOWE UWARUNKOWANIA PROCESÓW PRZEPŁYWOWYCH

Jak wiadomo (i i in.), podstawę procesów przepływowych stanowi bilans sił działających na ziarno (dalej jako przykładowe powołuje się ziarna mineralne), znajdujące się w obszarze przestrzennym, wypełnionym ośrodkiem płynnym i poddane wyłącznie działaniu sił

* Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie - Instytut Przeróbki i Wykorzystania Surowców Mineralnych, al. Mickiewicza 30, PL 30-065 Kraków

pochozących od pola zewnętrznego, obejmującego ziarno wraz z otaczającym je ośrodkiem - siły masowe (P_N) oraz sił reakcji ośrodka na obecność i ruch ziarna - siły powierzchniowe (P_P). (Uwaga: w całym opracowaniu przyjmuje się, że wszystkie wielkości są wyrażone w jednostkach podstawowych układu SI). Siły masowe wywołują ruch ziarna w kierunku i z przyspieszeniem, wyznaczonymi przez lokalną charakterystykę ich pola, a siły powierzchniowe przeciwdziałając temu ruchowi - lub modyfikując w inny sposób jego warunki - wchodzi do bilansu sił

($P = P_N + P_P$), określającego ostateczną charakterystykę ruchu ziarna: tor ruchu, prędkość i przyspieszenie. Od początku tworzenia podstaw teoretycznych procesów przepływowych, zainteresowanie budził taki stan bilansu sił, w którym ich suma równa się zeru ($P = 0$), co oznacza, że ziarno porusza się ze stałą prędkością, nazywaną prędkością graniczną (v_0) ruchu ziarna w danych warunkach. Siłę masową działającą na ziarno wyraża iloczyn jego masy (m) przez przyspieszenie siły masowej (a). Wartość tej siły: $P_N = am = aV\rho_s$ (V - objętość ziarna, wyznaczona przez jego wielkość i kształt, ρ_s - gęstość ziarna), pomniejsza się o siłę wyporu ośrodka, równą $aV\rho_c$ (ρ_c - gęstość ośrodka), co daje ostatecznie określenie zredukowanej siły masowej: $P_N = aV(\rho_s - \rho_c)$. W zastosowaniach technicznych występowały początkowo wyłącznie rozwiązania wykorzystujące siłę ciężkości ($a = g$ - przyspieszeniu siły ciężkości), skąd nazwa - "grawitacyjne" - używana nadal tradycyjnie dla wielu spośród takich procesów. Znacznie później - zwłaszcza dla rozdziału ziarn bardzo drobnych - wprowadzono nadal rozwijane stosowanie siły odśrodkowej ($a = \omega^2 r$, gdzie: ω - prędkość kątowna ruchu ziarna, r - promień krzywizny toru tego ruchu), pozwalające na bardzo znaczne zwiększanie siły wywołującej ruch ziarna. Siły powierzchniowe - w ujęciu podstawowym siły oporu ośrodka



Rys.1

- zależą od wielkości ziarna (d), jego kształtu (określonego przez umowny współczynnik c - na ogół odnoszący pewne cechy geometryczne ziarna do analogicznych cech kuli, dla której $c=1$) oraz prędkości chwilowej (v), gęstości ośrodka i jego lepkości (wyrażonej np. przez współczynnik lepkości dynamicznej - μ). Na rys.1 a - e (wszystkie rysunki omówiono w tekście) przedstawiono schematycznie zależności jakościowe kształtowania się prędkości chwilowej ziarna od wymienionych wielkości charakteryzujących warunki procesu. W całym rysunku przyjęto, że stan po lewej stronie (1) odpowiada prędkości mniejszej (v_1), a po prawej (2) - większej (v_2), przy zapisanych tam relacjach wartości poszczególnych wielkości - różnych dla dwóch przykładowych ziarn - i przy stałych wartościach pozostałych wielkości charakterystycznych. Z biegiem czasu powstało wiele zapisów - z reguły dobrze znanych - opisujących ruch ziarna, a w szczególności pozwalających obliczyć jego prędkość graniczną i czas (t_0) jej osiągnięcia od momentu rozpoczęcia ruchu w określonych warunkach, wyznaczonych przez zespół omówionych wielkości. Ogólne równanie ruchu ziarna [1] nie znalazło poza tym większego zastosowania. W miarę doskonalenia procesów przepływowych - zwłaszcza klasyfikacji - zwrócono uwagę na inną klasę ich uwarunkowań, obejmującą warunki tzw. ruchu skrępowanego, wynikające bądź z ograniczonej wielkości (D) obszaru przebiegu procesu (rys.1.f.), bądź z obecności w nim innych ziarn, opisywanej ilościowo przez ich koncentrację objętościową - $\theta = V_s / (V_s + V_c)$, gdzie V_s i V_c - odpowiednio objętości fazy stałej i płynnej (rys.1.g.). Oprócz wymienionych wielkości, przy opisie procesów w wersji podstawowej uwzględnia się jeszcze prędkość samego ośrodka (w), której wektor dodaje się do wektora prędkości ziarn względem ośrodka (u), otrzymując prędkość ziarna wobec nieruchomego układu zewnętrznego (v) - $u + w = v$.

Podstawowe ujęcie opisu procesów przepływowych można streścić następująco:

- 1) w bilansie sił uwzględnia się tylko wielkości zdeterminowane: d , ρ_s , ρ_c , μ , c - charakteryzujące właściwości fizyczne ziarn i ośrodka oraz przyspieszenie $a(g, r, \omega)$, a także D , θ , w - określające dodatkowo warunki procesu w sposób omówiony poprzednio,
- 2) siły powierzchniowe identyfikuje się z siłami oporu ośrodka (P_w), do których zalicza się także efekty skrępowania ruchu (z wyjątkiem wystąpienia tzw. gęstości pozornej (ρ): średniej wartości gęstości całego układu - fazy stałej wraz z płynną - którą uwzględnia się także przy obliczaniu siły wyporu): $P_w = P_w$, skąd bilans sił:

$$P = P_n(d, c, \rho_s, \rho_c, \theta, w) + P_w(\rho_c, \mu, d, c, v, \theta, D, \theta), \quad (1)$$

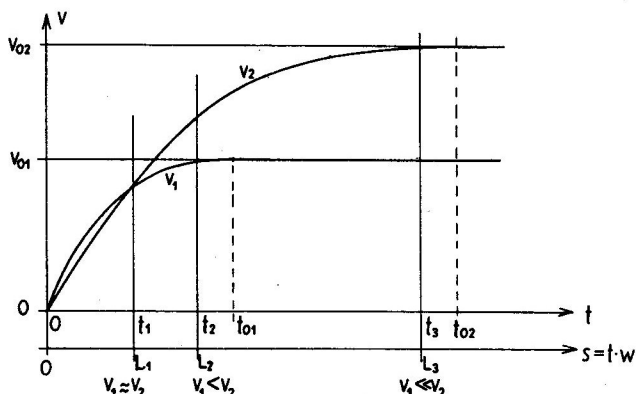
- 3) interesująca jest tylko wartość prędkości granicznej (v_0), osiągnięta przez ziarna po czasie granicznym (t_0) z dokładnością wystarczającą do celów praktycznych (teoretycznie $v \rightarrow v_0$ w czasie $t \rightarrow \infty$) przy $P=0$; v_0 (szczególny przypadek prędkości charakterystycznej v) jest funkcją wszystkich wielkości zmiennych, występujących w wyrażeniu (1),

- 4) warunki skrępowania ($\theta \neq 0$, $d/D \neq 0$) oraz ruch ośrodka ($w \neq 0$) uwzględnia się w przypadkach uzasadnionych przez dokładność opisu (obliczeń), wymaganą dla potrzeb praktycznych.

3. ROZWINIĘCIA OPISU PROCESÓW PRZEPŁYWOWYCH

3.1. Uwzględnianie dodatkowych czynników o charakterze technologicznym

Przyjmowanie do opisu procesów (i do obliczeń praktycznych) prędkości granicznej (v_0) daje możliwość rozpatrywania tylko przypadków, w których ruch ziarn jest w pełni ustabilizowany. Jest to z reguły uzasadnione dla ziarn drobnych, dla których czas osiągnięcia tej prędkości (t_0) jest bardzo krótki - krótszy od czasu przebywania ziarn wewnątrz obszaru roboczego (obszaru rozdzielu) urządzenia. Już jednak w osadzarkach, powszechnie stosowanych do wzbogacania grawitacyjnego, ziarna nie osiągają prędkości granicznych. Rysunek 2. przedstawia teoretyczny przebieg [1] wzrastania prędkości ruchu



Rys. 2

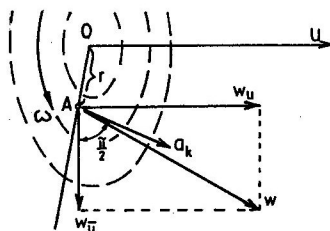
dwoch ziarn, różniących się prędkościami granicznymi ($v_{01} < v_{02}$). Przy wyraźnej umowności wzajemnego przebiegu krzywych v_1 i v_2 w czasie $t < t_0$, widać, że istnieje pewien okres czasu - począwszy od początku biegu procesu - w którym prędkości ziarn podlegających rozdzielowi są porównywalne lub różnią się nieznacznie (np. przy $t = t_2$), co uniemożliwia lub utrudnia przeprowadzenie efektywnego rozdzielu. W miarę budowy urządzeń do klasyfikacji ziarn drobnych o coraz krótszych czasach przebiegu procesu (np. przez wzgląd na wydajność), opisywana sytuacja może stać się wiążącą również w takich przypadkach. W związku z tym należałoby przyjmować do opisu procesów zamiast prędkości granicznej, ogólniejszą prędkość charakterystyczną ziarn (w danych warunkach) - $v = v(t; \dots)$, gdzie wielokropek oznacza wielkości omówione już poprzednio.

Istotnym warunkiem przebiegu procesu przypiwowego, występującym w większości przypadków rzeczywistych, jest różnorodność ziarn podlegających rozdzielowi nie tylko - jak się zakłada w procesach klasyfikacji - pod względem wielkości, lecz i gęstości, kształtu itp. właściwości, modelujących ich zachowanie. Dotyczy to wszelkich procesów przepływowych i wymaga uwzględniania przy doskonaleniu ich opisów. Wstępne rozważania na ten temat zawarto w [13].

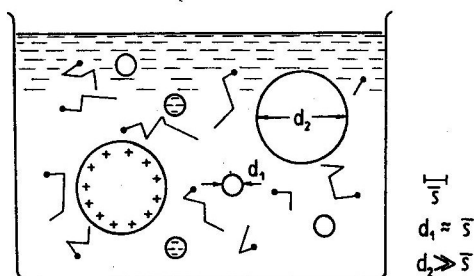
W rozwiązaniach, w których ziarna poruszają się po torach krzywoliniowych (praktycznie w procesach odśrodkowych), należy uwzględnić w bilansie sił jeszcze siłę

Coriolisa [11], występującą przy złożeniu ruchu obrotowego układu z ruchem postępowym, znajdującego się w nim obiektu. Przyspieszenie tej siły - $a_k = 2\omega \sin \varphi$ (φ - kąt pomiędzy kierunkiem ruchu i osią obrotu) - ma technologicznie taki sam charakter, jak przyspieszenie unoszenia, wywołane przez ruch ośrodka z prędkością w . Schemat układu z pokazaniem położenia tej siły przedstawia rys.3. (w_u , w_v - składowe prędkości ośrodka: równoległa i prostopadła do osi obrotu ω).

Szczegółowe rozważania warunków procesu doprowadziły [15] do określenia dodatkowych sił powierzchniowych, występujących w obecności ziarn współpadających. Mają one charakter losowy i właściwości uogólnionego tarcia wewnętrznego (lepkości). Są to siły: gradientowa - P_g - występująca przy istnieniu gradientu koncentracji (gdy w obszarze rozdziału $\theta = \theta(x, y, z) \cdot \text{const.}$, x, y, z - współrzędne przestrzenne) oraz pochodząca od wzajemnych zderzeń ziarn - P_w . Wartości tych sił, włączanych w skład siły oporu ośrodka jako człony stochastyczne [9], zależą - obok innych, już omówionych wielkości - od średniej prędkości ruchu chaotycznego ziarn - $\bar{v}_{cm}$.



Rys.3



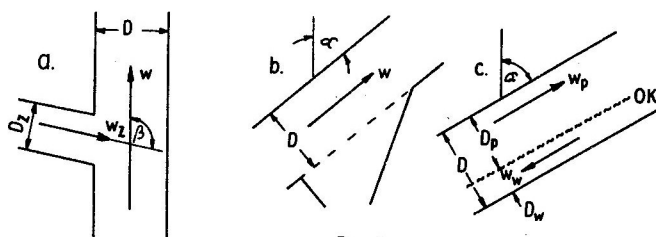
Rys.4

W miarę zmniejszania rozmiarów ziarn podlegających rozdzielowi, zwiększa się relatywny udział w bilansie sił ich innej, dotychczas nie omawianej kategorii [14]. Wynikają one z nieciągłości ośrodka oraz ze stanu elektrycznego powierzchni rozdziału faz, a także - zapewne - z działania innych czynników, na razie trudnych do ścisłego zidentyfikowania. Rysunek 4. przedstawia schematycznie układ, w którym wymienione czynniki mogą występować efektywnie (S - średnia droga swobodna cząsteczek ośrodka - od niej zależą zjawiska typu ruchów Browna, gdy wielkość ziarn jest z nią porównywalna - $d_i \approx S$). Takie oddziaływania, zwane umownie fizykochemicznymi, istnieją w każdym układzie warunków procesów przepływowych, jednak w przypadku ziarn dużych są pomijalnie małe w stosunku do oddziaływań uwzględnianych w podstawowych ujęciach opisów tych procesów. Stan ilościowego, a nawet pełnego jakościowego, rozpoznania tej klasy oddziaływań, jest jeszcze bardzo skromny. Ich istnienie było jednak zauważane już dawniej i znalazło wyraz (wraz z efektami skraplania wynikającymi z ograniczonego obszaru rozdziału) w zaleceniach wprowadzania poprawek empirycznych do wzoru Stokesa - określającego prędkość graniczną dla ziarn bardzo drobnych (poprawki Cunninghama i Landenbura [2]).

3.2. Wpływ czynników konstrukcyjnych na proces technologiczny

W dotychczasowych rozważaniach nie było mowy o wpływie (niezamierzonym bądź zamierzonym), jaki na przebieg procesu wywiera nieunikniona obecność w strefie rozdziału elementów konstrukcji samych urządzeń. W dalszym ciągu nie rozpatruje się wpływu rozwiązań konstrukcyjnych, które mają nadać całemu przebiegowi procesu określone warunki, np. wywoływać kręcenie układu rozdziału w celu wywołania siły odśrodkowej.

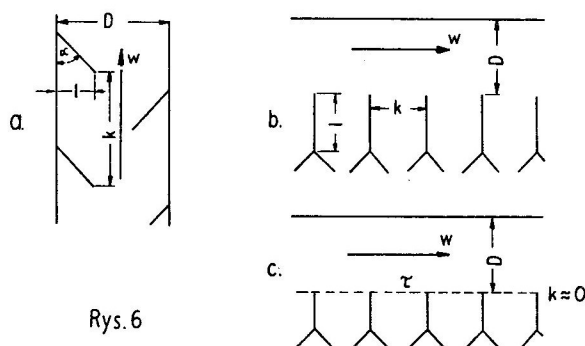
Działanie niezamierzone może pochodzić od dowolnego elementu lub układu konstrukcyjnego. Na rys.5 przedstawiono schematy kilku takich typowych szczegółów.



Rys.5

Rysunek 5 a pokazuje obecność źródła (doprowadzenia strumienia ośrodka w celu wywołania jego przepływu z prędkością w , wyznaczającą rozdział ziarn na frakcje przelewu o $w_0 < w$ i wylewu o $w_0 > w$ można w szczególności doprowadzać w pokazany sposób całość nadawy w postaci zawiesiny). W strefie dopływu tego strumienia zachodzą zaburzenia przepływu, powodujące niekontrolowane zmiany lokalnych warunków procesu, prowadzące do zmiany jego wyników - na ogół do ich pogorszenia. Można zauważyć, że będą one zależały od prędkości strumieni: klasyfikującego (w) i doprowadzanego (w_2), od szerokości (rozmiarów charakterystycznych) obszaru klasyfikacji (D) i źródła (D_2) oraz od kąta (β) pomiędzy wektorami prędkości w i w_2 .

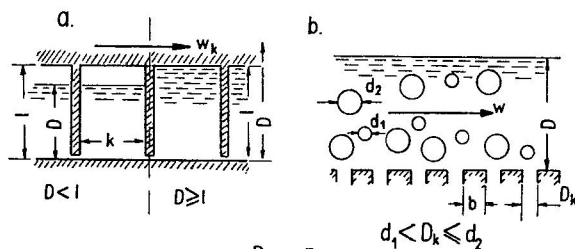
Pochylenie strumienia klasyfikującego - rys.5 b - o kąt α daje inny wariant warunków procesu. Czynniki wpływające wówczas w największym stopniu na jego wyniki (w, D, α) oznaczono na rysunku. Taki przypadek może być również wynikiem innego zamierzenia, np. stosowania do celów klasyfikacji, urządzeń lamelowych (warstwowych) [np. 8], bardziej powszechnie używanych do zagęszczania zawiesin. W tym ostatnim przypadku - rys.5 c. - wystąpi jeszcze inna komplikacja warunków procesu, nie uwzględniana - jak dotychczas - w pracach na temat klasyfikacji lamelowej. Polega ona na wystąpieniu (w obszarze kontaktowym - OK) na granicy przeciwniejących strumieni: przelewu (o rozmiarze D_p i prędkości w_p) oraz wylewu (o rozmiarze D_w i prędkości w_w) stałej strefy niekontrolowanych zaburzeń, nie mogących nie mieć znaczenia dla przebiegu i końcowego efektu procesu. Na wielkość skutków omawianego zaburzenia ma wpływ - poza wymienionymi już charakterystykami obu strumieni (wylewu i przelewu) - także kąt nachylenia α . We wszystkich omawianych przykładowo przypadkach nie wymienia się, jako oczywistych, wpływów podstawowych czynników przebiegu procesu - omówionych poprzednio - przyjmując je za ustalone.



Rys. 6

Inną (umownie) grupę wpływów, zależnych od czynników konstrukcyjnych, wywierają elementy stosowane w budowie klasyfikatorów właśnie w celu spowodowania lokalnych zakłóceń przepływu strumienia - schemat jednego z możliwych rozwiązań przedstawia rys. 6 a. Wywołuje się je w celu podwyższenia selektywności rozdziału ziarn trudno klasyfikujących się [1 i in.]. Wpływ takich elementów zależy od ich rozmiarów i geometrii (l, k, α), od rozmiarów strefy rozdziału (D) oraz od prędkości strumienia klasyfikującego (w).

Podobny wpływ wywierają elementy pomocnicze, wprowadzane np. w celu odbierania produktów - przykład na rys. 6 b. W tym przypadku stopień tego wpływu można zmniejszyć, stosując przegrodę sitową z otworami o wielkościach umożliwiającymi pominięcie ich jako elementów zakłócających ($k \approx 0$) - rys. 6 c. Należy jednak uwzględnić zmianę oporu tarcia strumienia o tak wykonaną ścianę w porównaniu do innych ścian urządzenia (współczynnik tego oporu - τ). Przy tej okazji należy wymienić wartość współczynnika τ jako kolejnego parametru charakteryzującego układ warunków przepływu w strefie rozdziału we wszelkich realizacjach procesu.



Rys. 7

Ostatnią z formalnie i umownie wyodrębnionych grup czynników konstrukcyjnych, tworzą te, które związane są z wyborem mechanicznego sposobu wyprowadzania wylewu (rys. 7 a.) oraz z ograniczaniem wielkości ziarn przelewu przez wprowadzenie elementów klasyfikacji sitowej (rys. 7 b.). Pierwsze rozwiązanie (klasyfikatory mechaniczne, wirówki klasyfikujące) wywołuje jako efekty uboczne: silne mieszanie warstwy wylewu i występowanie niej ruchu rotacyjnego [11] oraz mechaniczne rozdrabnianie (degradację uziarnie-

nia) ziarn większych [12]. W tym rozwiązaniu wyróżnia się jeszcze obecność (lewa część rys. 7.a) lub nieobecność (prawa część tego rysunku) swobodnej powierzchni zawieszony w klasyfikatorze. Drugie rozwiązanie (sita łukowe, wirówki sitowe stosowane gdzieś do klasyfikacji) wprowadza do warunków procesu rozdziału element ograniczający w postaci charakterystycznej dla procesu przesiewania. Wielkości istotne dla wpływu omawianych rozwiązań na proces oznaczono na rysunkach (D , D_K - wielkość otworu sita, w , w_K - prędkość elementu roboczego, l , k , b - szerokość mostka sita).

Ścisły opis modelowy omówionych w tym rozdziale, a także jeszcze innych, podobnych zmian w przebiegu procesu, wywołanych przez obecność elementów konstrukcyjnych, nie jest - jak dotychczas - możliwy.

4. MOŻLIWOŚCI I KIERUNKI ROZBUDOWY I UOGÓLNIEN MODELII

Przegląd uwarunkowań procesów przepływowych pozwala przedstawić następujące uwagi na temat tytułowych możliwości dalszych prac w zakresie ich opisu:

1. Układ sił, działających na ziarna (1), można uzupełnić o siły losowe:

$$- \text{gradientowa:} \quad P_g = P_g(d, \rho_s, \theta(x, y, z), \rho_c, \mu, \bar{v}_{CH}) \quad (2)$$

$$- \text{od zderzeń ziarn:} \quad P_u = P_u(d, c, \rho_s, \theta, \mu, \bar{v}_{CH}) \quad (3)$$

$$- \text{oddziaływań fizykochemicznych:} \quad P_{FC} = P_{FC}(d, c, \theta, \rho_s, \rho_c, \mu, \bar{s}, e) \quad (4)$$

(e - umowny symbol stanu elektrycznego powierzchni rozdziału faz - stałej i płynnej), do postaci:

$$P = P_H + P_P + P_g + P_u + P_{FC} \quad (5)$$

co wyczerpuje w zasadzie zakres celowego rozszerzenia ich bilansu w celu zwiększenia możliwości dokładnego wyznaczania prędkości charakterystycznej (v), w szczególności granicznej (v_0). Zespół oddziaływań losowych będzie dalej oznaczany symbolem P_L .

2. Inne oddziaływania - zwłaszcza konstrukcyjne - powinny być wprowadzane do opisów wyników procesu - np. najbardziej ogólnych: wielkości ziarna podziałowego - d_K (d_{50}) oraz wskaźnika dokładności rozdziału - E (abstrahując w tym miejscu od sposobu jego określania). W tym kierunku idą liczne prace nad określaniem wpływu czynników konstrukcyjnych na wyniki procesu klasyfikacji [3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 i inne].

3. Kolejne uzupełnienia modeli powinny rozwijać zapoczątkowane już [15] uszczegółowienie charakterystyk wielkości opisujących stan materiału, ośrodka, ich koncentracji i ruchu oraz zmienność tych wielkości w czasie. Do zapisów poszczególnych oddziaływań zostaną więc wprowadzone: czas (t) i współrzędne przestrzenne (x, y, z) oraz funkcje rozkładu: wielkości ziarn ($f(d)$), gęstości ($\gamma_s(\rho)$ i $\gamma_c(\rho)$), a także kształtu ziarn ($\phi(c)$), oprócz wspomnianego poprzednio rozkładu koncentracji ($\theta(x, y, z)$). Funkcje opisujące te rozkłady zastępowałyby występujące obecnie w zapisach modelowych, wielkości, odnoszące się w zasadzie do pojedynczych ziarn. Prędkość klasyfikacji (w) byłaby średnią ($\bar{w}$) w obszarze rozdziału prędkości rzeczywistych o rozkładzie $w(t; x, y, z)$.

4. Czynniki konstrukcyjne można zgrupować np. według ich roli w przebiegu procesu na:

- a) wywołujące wzajemne oddziaływania strumieni ośrodka: w_z , w_m , w_r , β , D_m , D_r i podobne - rys.5 a i rys.5 c - gdzie $\beta=\pi$,
- b) powodujące deformacje strumieni przez elementy konstrukcyjne o charakterystykach: D , D_x (rozmiary przekrojów strumieni), k i l (rozmiary elementów - równoległe i prostopadłe do kierunku strumienia klasyfikującego), α (kąty pomiędzy elementami konstrukcyjnymi i strumieniem, w szczególności wymuszające jego kierunek), w_k (prędkość ruchu elementów), τ (efekty tarcia strumienia o te elementy) - rys.5 b, 5 c, 6 i 7 a,
- c) mające bezpośredni wpływ na wynik rozdziału: D_k , b - rys.7 b.

Wpływ tych czynników na proces rozdziału trudno na razie opisać w sposób zdeterminowany. Ich występowanie (niekoniecznie wszystkich jednocześnie) można zawsze stwierdzić w zespole szczegółów rozwiązania konstrukcyjnego każdego urządzenia do klasyfikacji. Można więc wyrazić opinię o celowości badania wpływów na proces zarówno poszczególnych czynników, jak i ich grup, które bywają na ogół charakterystyczne dla rozmaitych typów klasyfikatorów. Pozwala to na ostrożny optymizm co do możliwości zbudowania takich modeli procesów, w których czynniki konstrukcyjne będą uwzględniane jako zdeterminowane a priori. Należy jednak pamiętać, że łączny wpływ kilku czynników na ogół nie będzie zwykłą sumą ich wpływów cząstkowych. Wspomniane poprzednio badania prowadzi się obecnie z założeniem otrzymywania zapisów odnośnych zależności w postaci modeli fenomenologicznych, na ogół regresyjnych. Nie może to zadowalać, stanowi jednak określony postęp. Zespół czynników konstrukcyjnych będzie dalej oznaczany symbolem ΣK .

5. Uwzględniając poprzednie uwagi, można zmierzać do uzyskiwania opisów zawierających:

$$\bar{v} = \bar{v}(P_m, P_r, P_L, \Sigma K) \quad (6)$$

$$d_k = d_k(\bar{v}, \Sigma K) \quad (7)$$

$$E = E(\bar{v}, \Sigma K) \quad (8)$$

nie wykluczając także badania innych wielkości charakteryzujących wyniki, w szczególności postaci rozkładów $f(d)$ i $\gamma_s(\rho)$, a także $\phi(c)$ w produktach procesu.

Zamierzeniem autora było przedstawienie pewnego schematu rozważań przy wykonywaniu tytułowego zadania rozwijania, a zwłaszcza unifikacji, opisów procesów przepływowych, tak rozpowszechnionych w różnorodnych ujęciach i zastosowaniach.

Literatura (wybrane pozycje)

1. Барский, М.Д., Ревнивцев, В.И., Соколкин, В.В. - Гравитационная классификация зернистых материалов, "Недра" Москва 1974.
2. Dalla Valle, F.M. - Micromeritics, The Technology of Fine Particles, Pitman Publishing Corporation New York-London 1948.
3. Makary, B. - Ocena ostrości rozdziału oraz możliwości regulacji ziarna podziałowego w HC 350 mm, II Seminarium Naukowo-Techniczne "Nowe osiągnięcia w klasyfikacji materiałów drobno uziarnionych", Kraków 1985.
4. Makary, B., Ostrowicki, B., Potępa, A. - Über ein Verfahren zur Berechnung der Parameter von Hydrozyklonen zum Klassieren feinkörnigen Stoffe, 16. Diskussionstagung

"Mechanische Flüssigkeitsabtrennung", Magdeburg (NRD) 1979.

5. Makary, B., Potępa, A. - Nomogram zależności d_w , d_p i α od wartości ziarna podziałowego d_{50} przy maksymalnej ostrości rozdziału dla HC-30, Seminarium Naukowo-Techniczne "Klasyfikacja materiałów drobno uziarnionych", Kraków 1981.

6. Makary, B., Potępa, A. - Statistische Verifikation mancher Formeln für Durchsatzes und Trennteilchengröße in Hydrozyklon mit einem Durchmesser von 20-100 mm, Freiberg (NRD) 1982.

7. Makary, B., Sztaba, K. - Zum Einfluß der Gestaltung von Einlauf- und Überlaufdüse auf die Trennschärfe von Hydrozyklonen mit kleinem Nenndurchmesser, Internationale Fachtagung "Fortschritte in Theorie und Praxis der Aufbereitungstechnik", Freiberg (NRD) 1984.

8. Marciniak-Kowalska, J. - Teoretyczne wartości wskaźników ostrości rozdziału w procesie klasyfikacji w klasyfikatorze lamelowym, Zeszyty Naukowe AGH, seria: Górnictwo z.146 Kraków 1989.

9. Nowak, A. - Charakterystyki rozdziału jednorodnych ziarn mineralnych w wirówkach klasyfikujących, PAN - Komitet Górnictwa, PWN, Warszawa-Kraków 1981.

10. Nowak, A. - The Methodology of Description and Evaluation of the Classification Process in Solid Bowl Centrifuges, Materiały: 1. European Symposium on Particle Classification in Gases and Liquids, Norymberga 1984.

11. Соколов, В.Н. - Центрифугирование, "Химия" Москва 1976.

12. Sztaba, K. - Krzywe rozdziału w procesie klasyfikacji mokrej, Archiwum Górnictwa t.1 z.2 (1956).

13. Sztaba, K. - Współwystępowanie efektów klasyfikacji i wzbogacania w procesach przepływowych, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 20 (1988).

14. Sztaba, K. - Problemy technologiczne wzbogacania materiałów bardzo drobno uziarnionych, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii 21 (1989).

15. Тихонов, О.Н. - Введение в динамику массопереноса процессов обогатительной технологии, "Недра" Москва 1973.

Sztaba K., 1992. Conditions and Possibilities of Extension and Unification of Model Descriptions of Processes of the Flow Classification. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 26, 7-16 (polish text).

Processes of the flow classification play a particular role in technology of fine-grained materials. Basic scope of description of these processes does not include numerous dependences on conditions of their real course. Great diversity of practical realizations of the flow classification makes difficult their mutual comparison which is necessary for the proper choice of the best solutions. The paper presents a review of the conditions of these processes together with an attempt of their systematization and definition of the groups of parameter characteristic of various realizations. They can compose a starting point for gradual unification of the models of classification processes.