ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1997
Seria: MECHANIKA z. 128 Nr kol. 1372

Aleksander FEDORYSZYN, Krzysztof SMYKSY
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

PARAMETRY KLASYFIKACJI GRANULOMETRYCZNEJ W URZĄDZENIACH FLUIDYZACYJNYCH

Streszczenie. Klasyfikacja granulometryczna towarzyszy procesowi fluidyzacji polidyspersyjnych materiałów. Bazując na wynikach analiz procesu przedstawiono metodykę obliczeń efektów rozdziału w zależności od podstawowych parametrów fluidyzacji oraz typu klasyfikatora. Zalecana przy tym klasyfikacja przepływowa, realizowana w rynnach pneumatyczno-grawitacyjnych, wymaga ponadto uwzględnienia parametrów transportu nosiwa.

SOME PARAMETERS OF GRANULOMETRIC CLASSIFICATION IN FLUIDIZED-BED INSTALLATIONS

Summary. Granulometric classification is accompanying the process of fluidization of polydispersive materials. Basing on the results of an analysis of this process, a methodology to calculate the effects of this classification was described and related to some basic parameters of the fluidization process and to the type of a classifier. The recommended flow classification, carried out on pneumatic-gravity conveyors requires, moreover, due consideration of the handling parameters of the fluidized material.

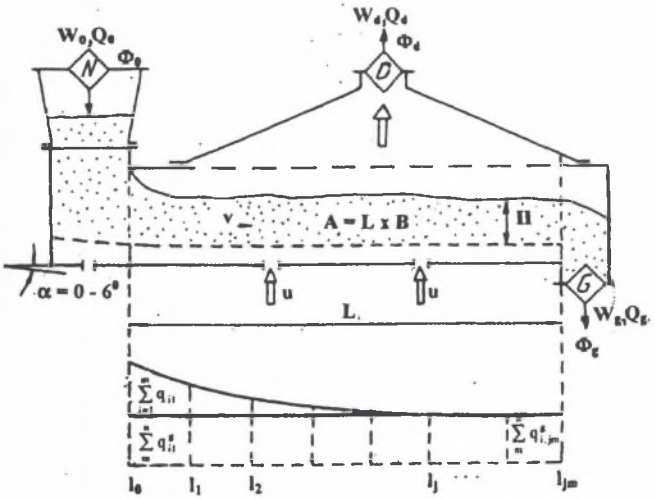
1. Wstęp

W przepływach dwufazowych znacząco wyróżnia się proces fluidyzacji. Proces ten ze względu na możliwość rozwinięcia powierzchni kontaktu oddziaływających faz szeroko wykorzystywany jest w praktyce przemysłowej, również w odlewnictwie. Suszarki, chłodziarki, separatory zanieczyszczeń, podajniki i dozowniki fluidalne, regeneratory itd. charakteryzują się istotnymi walorami w stosunku do innych rozwiązań. Wszystkie wymienione urządzenia o pracy ciągłej są w istocie rynnami fluidalnymi - grawitacyjnymi, zwanymi też aeracyjnymi. Zakresy prędkości roboczej transportu aeracyjnego pokrywają się z zakresami

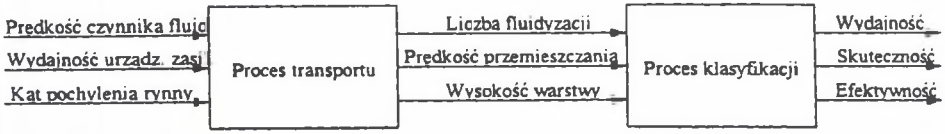
procesu fluidyzacji, od prędkości inicjacji aż do prędkości unoszenia ziarn. W przypadku fluidyzacji materiałów polidyspersyjnych zawsze następuje wyrzucanie i wywiewanie drobnoziarnistych frakcji do przestrzeni separacyjnej. Poznanie tego procesu - eliutracji pozwala na określenie zakresu zmian granulometrii obrabianych materiałów, jak również wykorzystanie przy kierowanej klasyfikacji.

2. Dane wyjściowe

Charakterystyka pracy przepływowego klasyfikatora fluidalnego (rys.1) wymaga określenia współzależności parametrów realizowanych procesów oraz ich wpływu na końcowy wynik (rys.2).



Rys.1. Schemat rynny fluidalnej do klasyfikacji polidyspersyjnych materiałów
Fig.1. Schematic flow-type fludized-bed installations applied in the granulometric classification



Rys.2. Współzależność parametrów transportu aeracyjnego i procesu klasyfikacji
Fig.2. Interrelations between parameters of the aeration transport and of the classification process

Dane na temat procesu fluidyzacji różnych materiałów ziarnistych zawierają liczne monograficzne opracowania, w tym [6]. Dane dotyczące transportu aearacyjnego można również znaleźć w licznych publikacjach. Zagadnienia zmian składu ziarnowego materiałów poddanych fluidyzacji wymagają natomiast analizy procesu eliutracji. Przytoczone w literaturze [6] rozwiązanie równania eliutracji uzyskano przy zbyt upraszczających założeniach.

Szczegółowa analiza przebiegu procesu eliutracji wymaga opracowania złożonych algorytmów obliczeniowych, bazujących na rozwiązaniach układu równań eliutracji. Wyjściowymi danymi do analizy procesu eliutracji są:

1) charakterystyki ziarnowe materiałów, wyznaczone na podstawie wyników analizy sitowej, w tym wielkość granicznych wymiarów wydzielonych klas ziarnowych,
2) wartość prędkości roboczej czynnika fluidyzującego, dobrana do wartości prędkości unoszenia ziarn o max średnicy lub max średniej średnicy klas ziarnowych, których usunięcie jest wymagane,
3) wartości prędkości unoszenia ziarn wyodrębnionych klas ziarnowych,
4) średnia prędkość przemieszczania się warstwy fluidalnej w rynnie aeracyjnej.

Wartości wielkości wymienionych w pkt. 2 i 3 wyznacza się z podstawowej dla fluidyzacji, kryterialnej zależności $Re_t = f(Ar)$ [6,7]. Parametry przepływu warstwy fluidalnej piasku kwarcowego, bentonitu i pyłu węglowego, poddanych fluidyzacji, wyznaczyć można na podstawie danych doświadczalnych podanych w [7].

3. Parametry procesu eliutracji

Przy fluidyzacji materiału polidyspersyjnego, zawierającego "n" klas ziarnowych, ma miejsce wynoszenie poza obręb warstwy "m" frakcji z szybkością określoną równaniem eliutracji:

$$-\frac{1}{A}\frac{dq_{0i}}{dt} = K_i \frac{q_{0i}}{Q_o} = K_i \frac{q_{0i}}{\sum_{i=1}^{n} q_{oi}} = K_i \frac{q_{0i}}{\sum_{i=1}^{m} q_{0i} + \sum_{i=m}^{n} q_{0i}}, \tag{1}$$

w którym: A - powierzchnia dystrybutora czynnika fluidyzującego w m^2,
q_{oi} - masa i-tej frakcji w nadawie,
n - liczba klas ziarnowych, wyodrębnionych przy analizie sitowej materiału,
m - liczba klas ziarnowych produktu drobnoziarnistego,
K_i - stała eliutracji dla i-tej klasy w kg/m^2s.

Odnosząc masy klas ziarnowych do całkowitej, stałej podczas procesu masy produktu gruboziarnistego, tj. $a_i=q_{0i}/Q_g$, otrzymuje się:

$$-\frac{1}{A}\frac{da_i}{dt}=\frac{1}{Q_g}\frac{\sum_{i=1}^{m}K_i a_i}{1+\sum_{i=1}^{m}a_i}. \tag{2}$$

Eliutrację m- klas ziarnowych opisuje układ "m" powyższych równań o rozwiązaniach w postaci:

$$\ln a_i + a_i + C_{i+1}\frac{K_i}{K_{i+1}}a_i^{\frac{K_{i+1}}{K_i}} + \ldots + C_m\frac{K_i}{K_m}a_m^{\frac{K_m}{K_i}} = -\frac{A}{Q_g}K_i t + C_i. \tag{3}$$

Rozwiązując układ równań (2) lub (3) można określić czas procesu niezbędny dla oddzielenia i-tej frakcji. Metodyka obliczeń klasyfikatorów o pracy okresowej opiera się na założeniu o jednakowym, uśrednionym w całym złożu udziale danej frakcji, w danym momencie czasowym.

Przy analizie pracy przepływowych klasyfikatorów przyjmuje się, że prędkość przemieszczania się materiału jest stała i wynosi: v=dl/dt=const, a wynikiem obliczeń jest określenie zmian składu ziarnowego materiału w poszczególnych, kolejnych odcinkach rynny fluidalnej. Wówczas wyjściowy układ równań eliutracji cząstek z wydzielonej, elementarnej objętości wynosi:

$$-\frac{v}{A}\frac{da_i}{dl}=\frac{1}{Q_g}\frac{\sum_{i=1}^{m}K_i a_i}{1+\sum_{i=1}^{m}a_i}. \tag{4}$$

Rozwiązaniem powyższego układu równań dla unoszonych m frakcji są wyrażenia typu:

$$\ln a_i + a_i + C_{i+1}\frac{K_i}{K_{i+1}}a_i^{\frac{K_{i+1}}{K_i}} + \ldots + C_m\frac{K_i}{K_m}a_m^{\frac{K_m}{K_i}} = -\frac{A}{vQ_g}K_i l_j + C_i, \tag{5}$$

w których l_j oznacza bieżącą długość klasyfikatora mierzoną od miejsca zasilania.

Rozwiązanie wyjściowych (2) i (4) lub wynikowych (3) i (5) układu równań wymaga posługiwania się metodami numerycznymi o złożonych algorytmach obliczeniowych. W Katedrze Mechanizacji, Automatyzacji i Projektowania Odlewni AGH opracowano program komputerowy, w którym zastosowano algorytm rozwiązywania układu nieliniowych równań różniczkowych. W opracowanym programie obliczeniowym wykorzystywać można dane doświadczalne, dotyczące współczynników eliutracji, wyznaczone dla złoża stacjonarnego. Korzystać można również z uogólnionych danych doświadczalnych zawartych w pracy [6].

Rozwiązanie przedstawionych równań eliutracji pozwala na określenie zmian składu ziarnowego obrabianego materiału, przemieszczającego się wzdłuż rynny aeracyjnej. Znajomość zakresu zmian w granulometrii pozwala na dobór optymalnych parametrów konstrukcyjnych oraz parametrów pracy klasyfikatorów fluidalnych.

4. Podsumowanie

Analiza procesu eliutracji wymaga posługiwania się złożonymi równaniami, rozwiązywanymi metodami numerycznymi o złożonych algorytmach obliczeniowych, uwzględniających dużą ilość parametrów wejściowych. Dla obliczeń eliutracji w Katedrze Mechanizacji, Automatyzacji i Projektowania Odlewni AGH opracowano program komputerowy, w którym zastosowano algorytm rozwiązywania układu nieliniowych równań różniczkowych. Wykorzystując program możliwe jest:

- określanie ubytków poszczególnych klas ziarnowych,
- dobór wymiarów klasyfikatora i parametrów jego pracy w zależności od żądanej skuteczności i efektywności rozdziału,
- dobór parametrów układu współpracujących klasyfikatorów,
- opracowanie algorytmów i układu sterowania pracą klasyfikatorów,
- analiza pracy zarówno projektowanych, jak i eksploatowanych urządzeń fluidalnych, w których występuje naturalne unoszenie drobnych frakcji.

Weryfikacja doświadczalna dla warunków złoża stacjonarnego wykazała lepszą zgodność wyników obliczeń i eksperymentów według zaproponowanego modelu w porównaniu z modelem przedstawionym w literaturze [6]. Dla rynien fluidalnych analiza przedstawionego modelu oraz weryfikacja doświadczalna prowadzić może do wyznaczenia współczynników eliutracji dla konkretnego materiału fluidyzowanego w określonych warunkach. Weryfikacja ta wymaga określenia składu ziarnowego materiału, przemieszczanego wzdłuż rynny, na odcinkach znajdujących się w różnej odległości od miejsca zasilania - wyznaczenia funkcji rozkładu.

LITERATURA

1. Fedoryszyn A., Smyksy K.: Metodyka obliczeń klasyfikatorów fluidyzacyjnych. Archiwum Technologii Budowy Maszyn. Komisja Technologii Budowy Maszyn PAN Oddział Poznań, nr 10, 1992, ss.17 - 24.
2. Fedoryszyn A., Smyksy K.: Model procesu klasyfikacji granulometrycznej w urządzeniach aeracyjnych. Materiały XX Konferencji Wydziału Odlewnictwa AGH - I International Conference of Faculty of Foundry Engineering. Kraków 1995, ss. 273-278.
3. Fedoryszyn A., Smyksy K., Bast J.:Mathematische Modellierung zur Beschreibung der Klassierprozesse körniger Güter in einem Wirbelschichtklassierer. Aufbereitungstechnik 37, 1996, 7, ss.301- 310.
4. Fedoryszyn A., Smyksy K.: Optymalizacja procesu klasyfikacji ziarnistych materiałów odlewniczych. Materiały Konferencji "Nowe procesy i materiały stosowane w odlewnictwie-Odlewnictwo XXI wieku", Instytut Odlewnictwa, Kraków, 1996, ss. 17-23.
5. Fedoryszyn A.: Analiza procesu pneumatycznej klasyfikacji ziarnistych materiałów odlewniczych. Praca naukowo-badawcza AGH nr. 10.170.98. Kraków, 1994-1997.
6. Kunii D., Levenspil O.: Fluidization Engineering. John Wiley Sons, Inc. New York, London, Sydney, Toronto 1972.
7. Piątkiewicz Z.: Transport pneumatyczny. Poradnik Inżyniera Odlewnika, PWN, Warszawa, 1986, tom II, rozdz. XX, ss. 602-662.

Publikacja w ramach badań finansowanych przez KBN - praca AGH nr 10.170.98.

Recenzent: Prof.dr inż. Zbigniew Piątkiewicz

Wpłynęło do Redakcji 10.10.1997 r.

Abstract

In the paper some methods of choosing the basic operating parameters of the fluidized-bed classifiers of both intermittent and continuous operation were described. In this methodology the main equation (1) describing the process of elutration, that is of blowing out of the fine fractions of a polydisperive material subjected to fluidization, was used. Solving by means of

numerical methods the system of equations (4) or (5), describing elutration of the grains of individual grades, one can obtain some data on the changes in grain size distribution in the processed material along the airslide classifier. In the calculation of an elutration rate one takes into consideration the handling rate of the processed material which is related to the parameters of the fluidization process and operating parameters of the fluidized -bed classifiers of the type of pneumatic-gravity (airslide) conveyors. The establishment of interrelations between the quantities typical of the fluidization process, of the aeration transport and elutration enables the classification process to be carried out in an optimum way in the fludized-bed systems.

The methodology presented in this study enables forecasting of an effectiveness of the classification process and of the effects of separation of polydispersive materials subjected to fluidization during their drying and cooling.