

Władysław Gajowski, Jacek Kociński, Wojciech Nowak

Instytut Maszyn Ciepłych
Politechnika Częstochowska

MODELOWANIE MIESZANIA FAZY STAŁEJ W CWF

Streszczenie. W pracy podano opis zastosowania metody fluktuacyjnej do określania efektywnego współczynnika mieszania fazy stałej przy użyciu sondy optycznej, a tym samym stworzenia modelu mieszania ziaren w CWF. Podano także wyniki pomiarów częstotliwości dominującej fluktuacji koncentracji.

1. WSTĘP

Dwufazowe układy gaz-ciało stałe są szeroko stosowane w przemysłowych procesach chemicznych i fizycznych. Cyrkulacyjna warstwa fluidalna (CWF) jest jednym ze znamiennych przykładów realizacji układu dwufazowego. Zagadnieniem stosunkowo mało poznany w odniesieniu do CWF, a mającym duże znaczenie, jest mieszanie fazy stałej. Mieszanie ziaren jest zjawiskiem złożonym i ściśle powiązany z procesem mieszania gazu i wymiany ciepła. W warstwie fluidalnej właśnie mieszanie ziaren jest głównym składnikiem w mechanizmie wymiany ciepła, a także innych reakcji międzyfazowych.

2. METODA POMIARU

2.1. Fluktuacyjna metoda określania efektywnego współczynnika mieszania fazy stałej

Lokalny współczynnik mieszania w CWF można obliczyć znając lokalną fluktuację koncentracji w stanie stacjonarnym. Zgodnie z pracą [1] założymy istnienie objętości dv' , w której sonda efektywnie reaguje na zmianę koncentracji. Prawdopodobieństwo przejścia ziarna z punktu, który można opisać wektorem \vec{r} , do punktu opisanego wektorem \vec{r}' leżącego w wydzielonej objętości dv' w czasie t można opisać równaniem:

$$P(\vec{r}; \vec{r}'; t) dv' = \exp \left[- \frac{(\vec{r} - \vec{r}')^2}{4 * D * t} \right] \frac{dv'}{(4 * \pi * D * t)^{3/2}} \quad (1)$$

gdzie: D - jest efektywnym współczynnikiem dyfuzji (mieszania)

Powyższą zależność można przekształcić korzystając z rozkładu Gaussa przestrzennego rozwiązania dyfuzji. Wtedy równanie (1) przybiera postać podaną przez Todesa [1]:

$$D = 2 \pi l^2 (1 - p)^2 \left[\frac{\overline{(\Delta v_\tau)^2}}{\overline{(\Delta v_\tau)^2}_{\tau \rightarrow \infty}} - \frac{1}{\tau} \right]_{\tau \rightarrow \infty} \quad (2)$$

gdzie:

p - prawdopodobieństwo pojawienia się ziarna w elemencie objętości v ,

l - średni promień elementu objętości v ,

ν - chwilowa liczba ziaren w elemencie objętości v ,

τ - czas pomiędzy kolejnymi pomiarami.

Zakładamy, że w stanie stacjonarnym sonda reaguje proporcjonalnie do liczby ziaren znajdujących się w elemencie objętości. Zakładamy również, że ziarna poruszają się w sposób przypadkowy. Jeżeli jako l podstawimy promień kolumny, czyli $d/2$ i $p \ll 1$, oraz przyjmiemy czas τ równy połowie czasu oscylacji cząstki, to otrzymamy równanie postaci:

$$D = d^2 * \pi * f_d \quad (3)$$

Tak więc pierwszą drogą określenia współczynnika mieszania jest pomiar częstotliwości dominującej widma fluktuacji koncentracji. Pomiar można przeprowadzić stosując sondę optyczną, która spełnia założenie o liniowości charakterystyki. Z sygnału sondy optycznej po obróbce komputerowej z wykorzystaniem algorytmu Szybkiej Transformaty Fouriera lub wprost z Analizatora FFT można określić wartość częstotliwości dominującej.

Drugą drogą określenia współczynnika mieszania polega na pomiarze napięcia z sondy optycznej i wykorzystaniu zależności podanej w pracy [1]

$$D = \pi * l^2 \left[\frac{(\Delta U_\tau^+)^2}{(\Delta U_\tau^+)^2_{\tau \rightarrow \infty}} - \frac{1}{\tau} \right]_{\tau \rightarrow \infty} \quad (4)$$

gdzie:

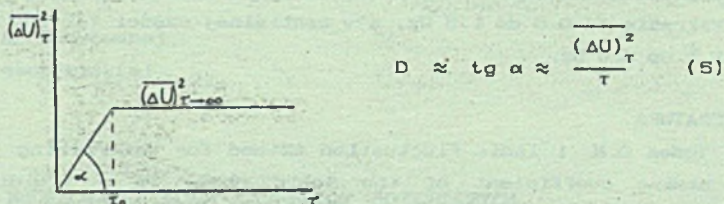
$$(\Delta U)_\tau = U(t) - U(t + \tau)$$

τ - czas pomiędzy kolejnymi pomiarami,

$l = \frac{v}{s}$ - średni promień elementu objętości w którym sonda rejestruje zmiany koncentracji cząstek,

v - element objętości; s - pole powierzchni;

Wartość sygnału napięciowego uzyskanego z sondy optycznej po scałkowaniu jest proporcjonalna do średniej kwadratowej fluktuacji koncentracji. Mierząc wartość $(\Delta U)_T$ dla różnych $\log \tau$, można sporządzić wykres (rys.1), a efektywny współczynnik mieszania wyznaczyć z zależności:

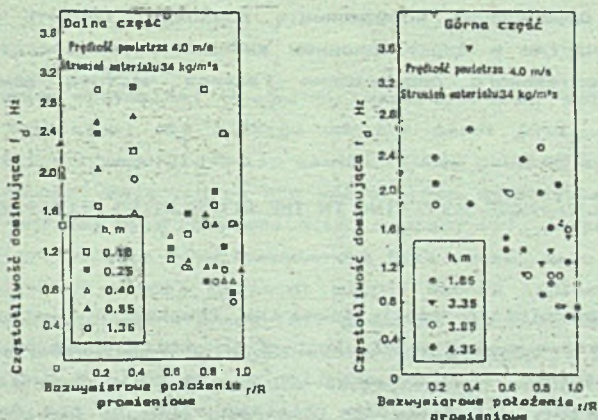


Rys.1. Zależność średniej kwadratowej fluktuacji od czasu między kolejnymi pomiarami

Fig.1. Dependence of the mean square density fluctuation on the time interval between observations.

2.2. Wyniki pomiarów

Pomiary przeprowadzono na stanowisku badawczym, którego dokładny opis zawarty jest w pracy [2]. Wykorzystując opisaną powyżej metodykę pomiarów częstotliwości dominującej uzyskano wyniki, które ujęto na rys.2.



Rys.2. Zależność częstotliwości dominującej od promieniowego usytuowania sondy i różnych odległości od rusztu.

Fig.2. Dependence of dominant frequency on the radial positions and the different distances from the gas distributor

Zmierzone wartości częstotliwości dominującej, po wstawieniu do równania (3), pozwalają na określenie współczynników dyfuzji.

3. WNIOSKI

1. Częstotliwość dominująca fluktuacji koncentracji zależy od usytuowania sondy w przekroju poprzecznym warstwy.
2. W pobliżu ścianki ($r/R = 0.95$) częstotliwość dominująca zmienia się w zakresie od 0.8 do 1.8 Hz, a w centralnej części kolumny w zakresie od 1.5 do 4.0 Hz.

LITERATURA

- [1] Todes O.M. i inni: Fluctuation method for determining the effective mixing coefficient of the solid phase in a fluidized bed and analogous systems. International Chemical Engineering, No.2, 1972.
- [2] Nowak W.: A Comprehensive Study of the Circulating Fluidized Bed. Politechnika Częstochowska, Seria Monografie, nr 9, 1980.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕШИВАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ В ЦКС

Резюме

В статье представлено применение метода флуктуации для определения эффективного коэффициента смешивания твёрдых частиц при помощи оптического зонда. Определение коэффициента позволяет создать модель смешивания твёрдых частиц в циркуляционном кипящем слое. Представлены результаты экспериментального определения главной частоты изменения концентрации.

THE MIXING OF THE SOLID PHASE MODELLING IN THE CIRCULATING FLUIDIZED BED

Summary

In the work a description application the fluctuation method for determining the effective mixing coefficient of the solid phase by used a optical probe is performed. Thus the creation of the solid mixing modell in the CFB is performed. And also the obtained value of the dominant frequency of solid hold-up fluctuation.