

Sebastian Szymon Frankiewicz
Politechnika Poznańska
Wydział Technologii Chemicznej

Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Mieszanie nieustalone gaz-ciecz w mieszalniku z mieszadłem o wygiętych łopatkach”

Promotor rozprawy doktorskiej: dr hab. inż. Szymon Woziwodzki

Zastosowanie mieszania nieustalonego, w którym kierunek i częstość obrotów mieszadła jest zmienna w czasie, umożliwia rezygnację z przegród, których obecność może stanowić problem w szeregu procesów technologicznych. Co więcej rozwiązanie takie pozwala na poprawę efektywności wymiany masy.

Praca składa się z dwóch części. W pierwszej części przeprowadzona została analiza literaturowa i zawiera ona aktualny stan badań dotyczący mieszania nieustalonego układów jednofazowych oraz dwufazowych gaz-ciecz. Omówione zostały podstawowe parametry pozwalające na scharakteryzowanie tych układów takie jak moc mieszania, współczynnik oporu i bezwładności, względna moc mieszania, względny współczynnik oporu i bezwładności, średnia średnica pęcherza gazowego, stopień zatrzymania gazu, powierzchnia międzyfazowa, współczynnik wnikania masy oraz objętościowy współczynnik wnikania masy. W części drugiej przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem mieszadeł: RT-6, BT-6, CD-6, Scaba 6SRGT oraz Maxflo W dla układów jednorodnych oraz dwufazowych powietrze-woda oraz powietrze-wodne roztwory NaCl o stężeniu 0,1 M i 0,2 M. Stosowano prędkości przepływu gazu w zakresie od 0,0021 m/s do 0,0063 m/s. Zastosowano mieszanie nieustalone o przebiegu symetrycznym oraz niesymetrycznym dla różnych częstotliwości oscylacji (od 0,078 Hz do 0,92 Hz). W pracy mierzono stopień zatrzymania gazu, objętościowy współczynnik wnikania masy, zmierzono moc mieszania w układzie jednorodnym oraz dwufazowym gaz-ciecz.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że najwyższą mocą mieszania nieustalonego w układzie jednorodnym charakteryzowała się turbina Rushtona ($Ne_n = 8,48$). Dla mieszadeł o zakrzywionych łopatkach zapotrzebowanie na moc było niższe i wynosiło odpowiednio dla mieszadła CD-6 $Ne_n = 5,20$, BT-6 $Ne_n = 4,03$ i Scaba 6SRGT $Ne_n = 3,71$. Najniższą wartością charakteryzowało się mieszadło osiowe Maxflo W gdzie $Ne_n = 2,11$. Nie obserwowano wpływu częstotliwości oscylacji na wartość mocy.

Analiza mocy względnej RPD dla mieszania nieustalonego w układzie powietrze-woda i powietrze-roztwory NaCl wykazała, że mieszanie nieustalone w przypadku turbiny Rushtona i mieszadła Maxflo W powoduje wzrost wartości RPD w stosunku do mieszania ustalonego. W przypadku mieszadeł o zakrzywionych łopatkach BT-6, CD-6, Scaba 6SRGT uzyskuje się dla mieszania nieustalonego niższe wartości RPD niż dla mieszania ustalonego. Najwyższą wartość mocy względnej dla mieszania nieustalonego obserwuje się dla mieszadła Maxflo W. Dla mieszadeł turbinowych o zakrzywionych łopatkach uzyskiwane wartości RPD są zbliżone, ale najwyższym RPD charakteryzuje się CD-6, a nieco niższym BT-6 i Scaba 6SRGT. Najniższą wartością RPD spośród badanych mieszadeł charakteryzuje się turbina Rushtona.

W przypadku objętościowego współczynnika wnikania masy ($k_L a$) w układzie powietrze-woda uzyskuje się większe wartości względem mieszania ustalonego w zakresie jednostkowych mocy mieszania P_g/V od 15 do 250 W/m³ dla mieszadeł turbinowych i dla

mieszadła Maxflo W w zakresie P_g/V od 26 do 250 W/m³ dla $w_g = 0,0021$ m/s oraz do 570 W/m³ dla $w_g = 0,0063$ m/s. Dodatek soli powoduje rozszerzenie powyższego zakresu dla $w_g = 0,0063$ m/s do $P_g/V < 1050$ W/m³ dla mieszadeł turbinowych, a w przypadku mieszadła Maxflo W wyższe $k_L a$ uzyskuje się w całym badanym zakresie P_g/V . Dla $w_g = 0,0021$ m/s w przypadku mieszadeł turbinowych przewaga występuje w całym badanym zakresie P_g/V , natomiast dla Maxflo W w zakresie $P_g/V \in (160; 760)$ W/m³.

W przypadku stopnia zatrzymania gazu dla mieszania nieustalonego zaobserwowano, odwrotnie niż w przypadku objętościowego współczynnika wnikania masy, że zakres, w którym uzyskuje się większy stopień zatrzymania gazu ulega zawężeniu wraz ze wzrostem stężenia NaCl. Sugeruje to występowanie pęcherzy gazowych o większej średniej średnicy d_{32} . Jednocześnie może to tłumaczyć rozszerzenie zakresu większych wartości $k_L a$ dla mieszania nieustalonego, ponieważ bardzo małe pęcherze krótko uczestniczą w wymianie masy a ich dalsza obecność w mieszalniku może niekorzystnie wpływać na wartość $k_L a$.

Wykazano, że mieszanie nieustalone pozwala na uzyskiwanie odpowiedniej intensywności wymiany masy przy dużo niższych nakładach energetycznych w porównaniu do mieszania ustalonego oraz zaproponowano równania korelacyjne pozwalające na wyznaczenie wartości objętościowego współczynnika wnikania masy oraz stopnia zatrzymania gazu podczas mieszania ustalonego i nieustalonego dla mieszadeł RT-6, BT-6, CD-6, Scaba 6SRGT i Maxflo W.

12.06.2023

.....
data i podpis autora