

STANISŁAW MASIUK
RAFAŁ RAKOCZY

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

Charakterystyki procesowe dla układu dyspersyjnego ciecz – gaz w polu magnetycznym

Wprowadzenie

W operacjach i procesach inżynierii chemicznej często operuje się układami dyspersyjnymi gaz – ciecz. Opis matematyczny takich układów jest znacznie skomplikowany w porównaniu z płynami jednofazowymi. Występuje Σ -faza, objawiają się dynamiczne efekty zmian struktury elementów fazy dyspersyjnej oraz zachodzi wzajemne oddziaływanie pomiędzy fazami [1]. Istnieje znaczna liczba prac eksperymentalnych oraz teoretycznych dotyczących zachowania się układów dyspersyjnych gaz – ciecz [2, 3].

W ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie wykorzystaniem pól magnetycznych w procesach inżynierii chemicznej. Z przeglądu dostępnej literatury źródłowej wynika, że wpływ pola magnetycznego na zachowanie się układów dyspersyjnych gaz – ciecz jest przebadany w niewielkim stopniu [4, 5].

Głównym celem prezentowanej pracy jest zaproponowanie równania zachowania pędu pęcherza gazowego oraz wykorzystanie podstawowych liczb kryterialnych do opisu wpływu wirującego pola magnetycznego na podstawowe wielkości geometryczne i kinetyczne pęcherza gazowego.

Podstawy teoretyczne

W zakresie pewnych oczywistych założeń równanie ruchu pojedynczego pęcherza można zapisać w następującej postaci:

$$V''\left(\rho'' + \frac{1}{2}\rho'\right)\overline{w''}\text{grad}\overline{w''} = -V''g(\rho' - \rho'') - 3\pi\eta'\overline{w''} + \pi d''\sigma' + c_m V''\rho'(\overline{w''} \times \overline{w'}) + \sigma_d' \left[(\overline{w''} \times \overline{B}) \times \overline{B} \right] \quad (1)$$

gdzie indeksy (') oraz (") dotyczą odpowiednio faz ciągłej oraz dyspersyjnej.

Wprowadzając do tego równania wielkości bezwymiarowe oraz dokonując elementarnych przekształceń otrzymamy bez-

wymiarowe liczby kryterialne powiązane ze sobą następującymi zależnościami:

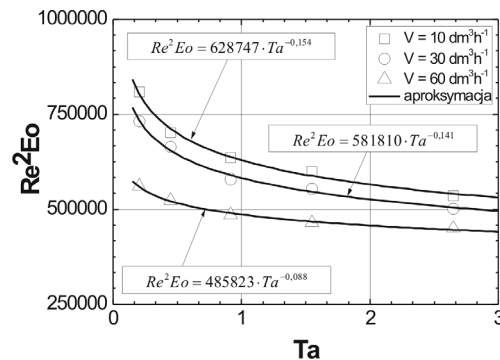
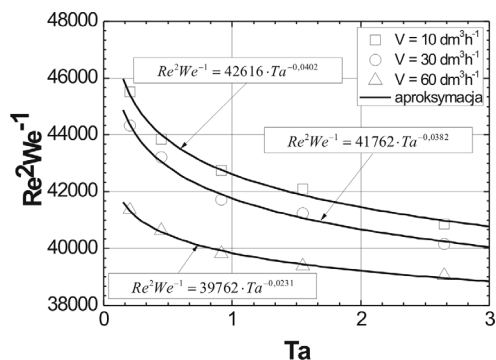
$$\langle d'' \rangle \sim \frac{Re''^2}{WeTa} \quad (2)$$

$$\langle w'' \rangle \sim \left(\frac{EoRe''^2}{Ta \left[d'' \sim \frac{Re''^2}{WeTa} \right]^4} \right)^{0,5} \quad (3)$$

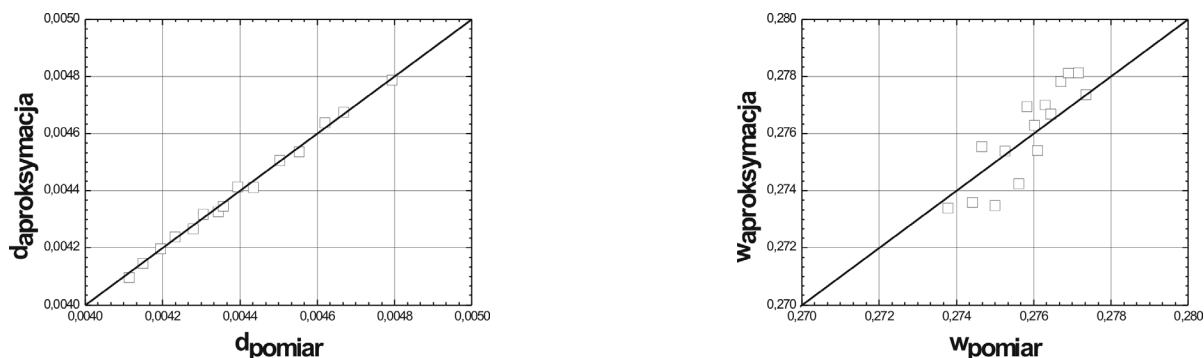
Z interpretacji powyższych zależności wynika, że wyrażenia (2) oraz (3) określają wpływ pola magnetycznego odpowiednio na uśrednione po zbiorze średnią średnicę pęcherza oraz średnią prędkość jego ruchu.

Aparatura doświadczalna i pomiar

Aparatura doświadczalna zawierała sterowany generator wirującego pola magnetycznego z umieszczoną wewnątrz kolumną, przez którą przepływały pęcherze powietrza. Kolumnę zaopatrzono w komory pozwalające na zapis cyfrowy wielkości pęcherzy wlatujących do obszaru generatora i opuszczający generator z odpowiednią lokalną prędkością ruchu. Urządzenie rejestrujące sprzężono z komputerem z odpowiednim programem obróbki danych pomiarowych. W badaniach, jako fazę ciągłą układów dyspersyjnych wykorzystano wodę kranową, syntetyczny sztuczny ściek oraz nasycony roztwór solanki NaCl. Oddziaływanie pola magnetycznego scharakteryzowano liczbą *Taylora*. Dla każdego zestawu parametrów procesowych przeanalizowane około 250 pęcherzy, określając ich indywidualną średnicę i prędkość ruchu. Pozwoliło to na zgromadzenie obszernej bazy danych, wykorzystywanej w analizie wpływu wirującego pola magnetycznego na układ dyspersyjny gaz – ciecz.



Rys. 1. Obrazy graficzne zależności (2) oraz (3) dla różnych wartości strumienia objętości powietrza przepływającego przez generator wirującego pola magnetycznego



Rys. 2. Porównanie średnich wartości średnicy pęcherza oraz jego prędkości obliczonych i wyznaczonych z danych pomiarowych

Omówienie i dyskusja wyników

Wykorzystując dane pomiarowe obliczono wartości liczb kryterialnych Re'' , We , Eo oraz Ta , wyniki obliczeń przedstawiono graficznie na rys. 1 odpowiednio w układzie współrzędnych $(Re''^2 / We, Ta)$ oraz $(EoRe''^2, Ta)$.

Krzywe pokazane na tym rysunku opisano analitycznie dla trzech różnych wartości strumienia objętości powietrza, V . Opis ten wykorzystano do obliczenia wartości $\langle d'' \rangle_{obl}$ oraz $\langle w'' \rangle_{obl}$ w oparciu o zależności (2) oraz (3). Z analizy danych pokazanych na rys. 1 wynika, że wirujące pole magnetyczne, określone liczbą kryterialną *Taylor*, Ta , znacznie wpływa na liczby kryterialne *Webera*, We , oraz *Eötvösa*, Eo , charakteryzujące średnicę pęcherza oraz jego prędkość wznoszenia się w obszarze generatora pola. Dane pokazane na tym rysunku wskazują, że ze wzrostem strumienia objętości maleje średnica pęcherza oraz ich prędkość wznoszenia się.

Porównanie średnich wartości średnicy pęcherza oraz jego prędkości obliczonych z odpowiednich wzorów z tymi war-

tościami wyznaczonymi z uśrednienia po zbiorach danych pomiarowych pokazano odpowiednio na rys. 2.

Z porównania pokazanego na rys. 2 średnie wartości średnicy pęcherzy oraz ich prędkości obliczone z odpowiednich zależności są zbliżone z wartościami obliczonymi z pomierzonych zbiorów danych. Zatem można uznać, że podane równanie ruchu pęcherzy zapewniające więź pomiędzy odpowiednimi liczbami kryterialnymi jest właściwa i może być wykorzystana do obliczeń dla innych układów dyspersyjnych gaz – ciecz znajdujących się w wirującym polu magnetycznym.

LITERATURA

1. R. Clift, J.R. Grace, M.E. Weber: Bubbles, drops and particles, Dover Publications, 2005.
2. H. Tsuge, Y. Tezuka, M. Mitsudani: Chem. Eng. Sci. **61**, 3290 (2006).
3. Y. Chen, M. Groll: Int. J. Heat Mass Trans. **49**, 1115 (2006).
4. S. Eckert, G. Gerbeth, O. Lielausis: Int. J. Multiphase Flow **26**, 45 (2000).
5. R. Rakoczy, S. Masiuk: Chem. Eng. Process (2009 zaakceptowany do druku).

Komitet Inżynierii Chemicznej i Procesowej Polskiej Akademii Nauk
oraz
Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej
zapraszają do udziału

w

XX JUBILEUSZOWEJ OGÓLNOPOLSKIEJ KONFERENCJI NAUKOWEJ INŻYNIERII CHEMICZNEJ I PROCESOWEJ

Gdańsk, 6 ÷ 10 września 2010 r.

Tematyka Konferencji obejmuje zagadnienia procesowe i aparaturowe z całego obszaru inżynierii chemicznej.
Wiodące nurty tematyczne Konferencji to:

- intensyfikacja procesów przemysłowych a zrównoważony rozwój,
- projektowanie procesów wytwarzania nowoczesnych materiałów,
- inżynieria produktu,
- zagadnienia procesowe w ochronie środowiska,
- kształcenie w zakresie inżynierii chemicznej.

Przewodnicząca Komitetu Organizacyjnego Prof. dr hab. inż. Bożenna Kawalec-Pietrenko
Sekretarz Komitetu Organizacyjnego Dr inż. Tomasz Andrzejewski

e-mail: kawalec@pg.gda.pl kawalec@chem.pg.gda.pl tand@pg.gda.pl
tel.: (58) 347 26 10; (58) 347 18 10 tel/fax.: (58) 347 28 10