

RAFAŁ RAKOCZY

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

Informacyjny opis wpływu wirującego pola magnetycznego na układ dyspersyjny

Wprowadzenie

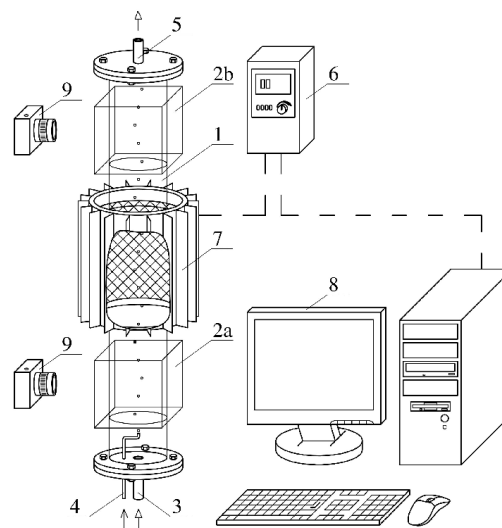
Występowanie pęcherzy zdyspergowanego gazu w wielu chemicznych lub biochemicznych procesach motywuje prowadzenie licznych prac eksperymentalnych, dotyczących zachowania się układów dyspersyjnych gaz – ciecz [1]. Zagadnienia związane ze zmianą kształtu pęcherzy są dość często poruszane, ponieważ kształt tworzących oraz przepływających pęcherzy mają zasadniczy wpływ na procesy transportu masy i ciepła w układach dyspersyjnych gaz – ciecz [2]. Kształt ten jest formowany przez wzajemne oddziaływanie na sił bezwładności, ciężkości, wyporu, oraz napięcia powierzchniowego. Zależy on również od własności reologicznych płynu oraz dodatkowych oddziaływań siłowych wywołanych polem magnetycznym i elektrycznym. Wpływ stacjonarnego pola magnetycznego na zmianę kształtu pęcherzy był analizowany w nielicznych pracach [3, 4].

Zagadnienia związane ze zmianą kształtu pęcherzy gazu są przedmiotem rozważań przedstawionych w wielu pracach teoretycznych i praktycznych. Jednakże brak jest do tej pory badań dotyczących wpływu wirującego pola magnetycznego na kształt pęcherzy gazu (powietrza) wznoszących się w nieruchomej cieczy.

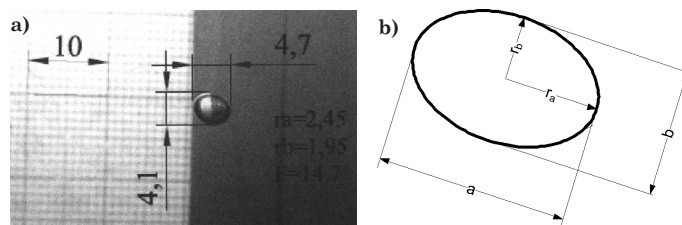
Aparatura doświadczalna i pomiar

Na rys. 1 został przedstawiony uproszczony schemat aparatury doświadczalnej, której głównym elementem jest cylindryczna kolumna – 1 wykonana z plexi. Aparatura była wyposażona w prostopadłościenne kuwety – 2a, b, pozwalające na wizualną obserwację pęcherzy gazu przed i po generatorze wirującego pola magnetycznego – 3.

Woda wodociągowa, sztuczny ściek oraz nasycony roztwór solanki NaCl zostały wykorzystane, jako faza ciągła w prowadzonych pracach eksperymentalnych. Kształty pęcherzy powietrza, poruszających się w nieruchomej cieczy oraz ich główne wymiary geometryczne zostały określone na podstawie wykonywanych fotografii cyfrowych z wykorzystaniem programu *Autocad*. Z przeprowadzonych prac eksperymentalnych wynika, że pęcherze gazu nie są kuliste i mają kształt zbliżony do elipsoidy obrotowej. Przykładowe zdjęcie oraz szkic pęcherza powietrza został pokazany na rys. 2. Prędkość pęcherza powietrza o określonym rozmiarze w fazie ciekłej była definiowana na podstawie pomiaru czasu, w którym pęcherz znajduje się w obszarze generatora wirującego pola magnetycznego. Procedurę powtarzano kilkakrotnie w celu wyznaczenia średniej wartości prędkości pęcherza, wykorzystywanej do wyznaczenia wartości bezwymiarowych liczb kryterialnych.



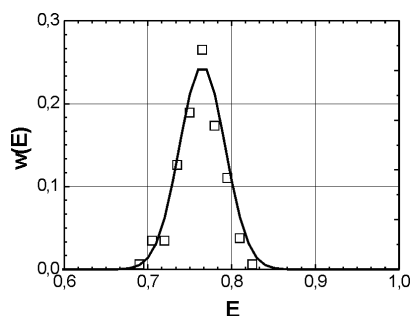
Rys. 1. Schemat aparatury doświadczalnej: 1 – kolumna, 2a, b – kuweta pomiarowa, 3 – króciec wlotowy płynu, 4 – króciec wlotowy powietrza, 5 – króciec wylotowy, 6 – falownik, 7 – generator wirującego pola magnetycznego, 8 – komputer



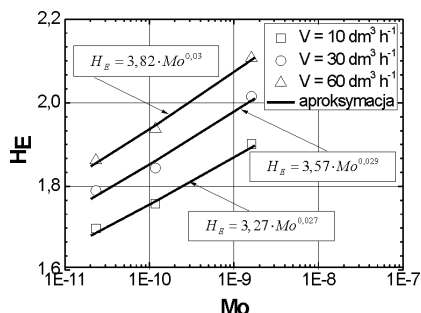
Rys. 2. Typowy przykład zdjęcia pęcherza powietrza (a) oraz szkic pęcherza z naniesionymi głównymi parametrami geometrycznymi (b)

Omówienie i dyskusja wyników

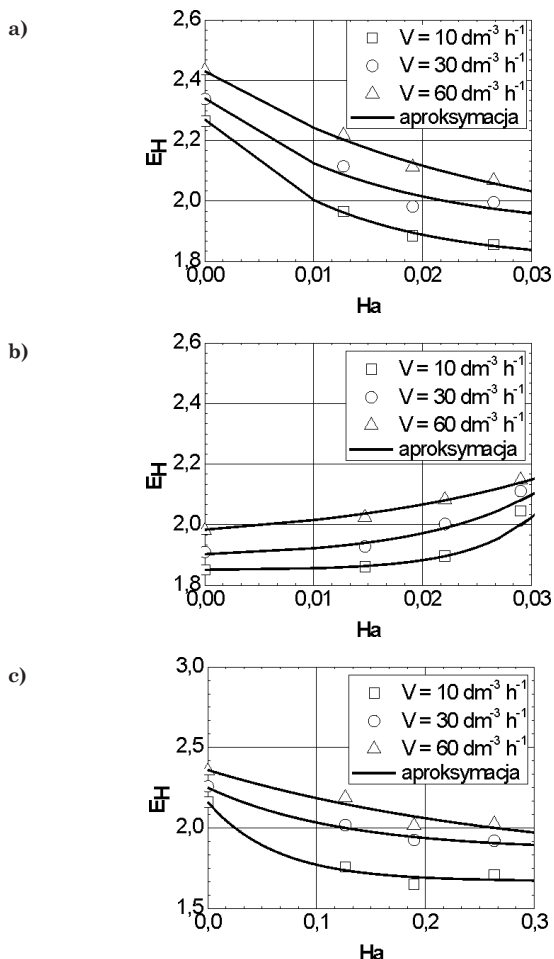
W przypadku przeprowadzonych badań zmiany kształtu pęcherzy gazu mogą być opisane za pomocą współczynnika kształtu określonego stosunkiem długości osi elipsy. Kształty pęcherzy gazu opisanych wspomnianym współczynnikiem można uzależnić od bezwymiarowych liczb kryterialnych *Eöt-vösa*, *Mortona* oraz *Hartmana*. Alternatywne podejście do opisu zmian pęcherzy gazów wznoszących się w obszarze generatora wirującego pola magnetycznego, bazuje na charakterystykach teorii informacji sformułowanych na podstawie gęstości rozkładu prawdopodobieństwa [5]. Dla każdego zestawu parametrów procesowych przeanalizowano około 250 pęcherzy. Umożliwiło to zgromadzenie obszernej bazy danych, wykorzystywanej w analizie wpływu wirującego pola magnetycznego na współczynnik kształtu pęcherzy powietrza wznoszących się w ośrodkach ciągłych, charakteryzujących się znaczną różnicą przewodności elektrycznej ($\sigma_e = 0,05\text{--}24 \text{ Sm}^{-1}$) oraz poddawa-



Rys. 3. Przykładowy histogram współczynników kształtu dla solanki NaCl ($\dot{V} = 10 \text{ dm}^3 \text{ h}^{-1}$)



Rys. 4. Zależność różniczkowej entropii informacji od liczby Mortona i wydatku gazu



Rys. 5. Zależność różniczkowej entropii informacji od liczby Hartmana i wydatku gazu dla: a) woda wodociągowa; b) sztuczny ściek; c) nasycony roztwór solanki NaCl

nych oddziaływaniom wirującego pola magnetycznego ($B = 0\text{--}26 \text{ mT}$). Przykładowy histogram współczynników kształtu został pokazany na rys. 3.

Rozmieszczenie punktów obliczeniowych zaprezentowanych na rys. 3, można opisać ciągłym rozkładem normalnym:

$$w(E) = A \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_D} \exp\left[-\frac{(E - E_{avg})^2}{2\sigma_D^2}\right] \quad (1)$$

Entropia różniczkowa dla jednowymiarowego rozkładu Gaussa jest zdefiniowana następująco [6]:

$$H[w(E)] = \ln\left[\frac{1}{A} \sqrt{2\pi e \sigma_D^2}\right] \quad (2)$$

Dysponując obszerną bazą danych doświadczalnych, wyznaczono wartości entropii informacji dla pęcherzy obserwowanych przed i po generatorze wirującego pola magnetycznego. Na rys. 4 przedstawiono zmienność wartości różniczkowej entropii informacji ze zmianą wydatku gazu oraz liczby Mortona, definiującej parametry fizykochemiczne fazy ciągłej.

Jak wynika z pomiarów przeprowadzonych przed generatorem wirującego pola magnetycznego (Rys. 4), wartość entropii informacji wzrasta wraz ze wzrostem liczby Mortona oraz wzrostem wydatku gazu. Wzrost entropii świadczy o szerszym zakresie zmienności współczynników kształtu pęcherzy gazowych.

W przypadku zastosowania wirującego pola magnetycznego, do opisu analitycznego uzyskanych wyników wykorzystano bezwymiarową liczbę Hartmana, proporcjonalną do mocy generowanego pola. Zmienność obliczonych wartości entropii informacji dla różnych ośrodków ciągłych w zależności od liczby Hartmana i wydatku gazu zostały przedstawione na rys. 5.

Linie ciągłe przedstawione na rys. 5 są określone następującymi zależnościami aproksymującymi uzyskane wyniki badań odpowiednio dla wody, sztucznego ścieku i nasyconego roztworu solanki NaCl:

$$H_E = (0,001\dot{V} + 1,82) + (0,0022\dot{V} + 0,42) \exp[-(-0,088\dot{V} + 92,73)Ha] \quad (3a)$$

$$H_E = (0,0016\dot{V} + 1,84) + (0,0011\dot{V} - 0,013) \exp[-(-2,33\dot{V} + 180,3)Ha] \quad (3b)$$

$$H_E = (0,0012\dot{V} + 1,72) + (0,0028\dot{V} + 0,4) \exp[-(-0,24\dot{V} + 17,11)Ha] \quad (3c)$$

Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że wirujące pole magnetyczne ma znaczący wpływ na kształt pęcherzy wznoszących się w cieczach różniących się przewodnością elektryczną. Zaproponowany opis informacyjny może być wykorzystany w opracowywaniu wyników badań innych układów dyspersyjnych gaz – ciecz.

LITERATURA

1. G. Bozzano, M. Dente: Comp. Chem. Eng. **25**, 571 (2001).
2. A. Tomiyama, et all: Int. J. Multiphase Flow **28**,1497 (2002).
3. C. Zhang, S. Eckert, G. Gerbeth: Int. J. Multiphase Flow **31**, 824 (2005).
4. S.M. Shin, I.S. Kang: Int. J. Multiphase Flow **28**, 105 (2005).
5. R. Rakoczy: Oddziaływania cieplne pola magnetycznego na płyny, Rozprawa doktorska, Politechnika Szczecińska, 2006.
6. R. Rakoczy, S. Masiuk, M. Kordas: Chem. Process. Eng. **30**, 67 (2009).