

Praca dyplomowa inżynierska

Badanie dynamiki barbotażu swobodnego



Autor: Bartosz Gocał

Nr albumu: 268666

Promotor: dr inż. Anna Adach

Rok akademicki: 2017/2018

Wprowadzenie

Barbotaż polega na przepływie gazu w postaci pęcherzyków przez warstwę cieczy. Do podstawowych zalet tego procesu należą: rozwinięcie powierzchni kontaktu faz, mieszanie fazy ciekłej oraz brak ruchomych elementów konstrukcyjnych. Ze względu na wymienione cechy omawiana metoda kontaktu faz znalazła zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu: zarówno w procesach technologii chemicznej, biotechnologii, jak i ochrony środowiska.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest opracowanie wytycznych do nowego stanowiska dydaktycznego dotyczącego badania dynamiki i powierzchni międzyfazowej w procesie barbotażu swobodnego w Laboratorium Kinetyki Procesowej.

W zakres pracy wchodziły: przegląd literatury, badania wstępne, pomiary dynamiki barbotażu swobodnego, badania wstępne absorpcji z reakcją chemiczną, obliczenia powierzchni międzyfazowej.

Część doświadczalna

✓ W ramach prac wstępnych określono warunki pomiarów dynamiki przepływu barbotażu swobodnego, zapewniające największą ich powtarzalność i dokładność: zanurzenie dyszy na głębokości 12 cm w odległości 5 cm od fotokomórki, zakres uśredniania pomiarów - 100 s. Wśród dostępnych w Laboratorium dysz wyselekcjonowano sześć poprawnie działających.

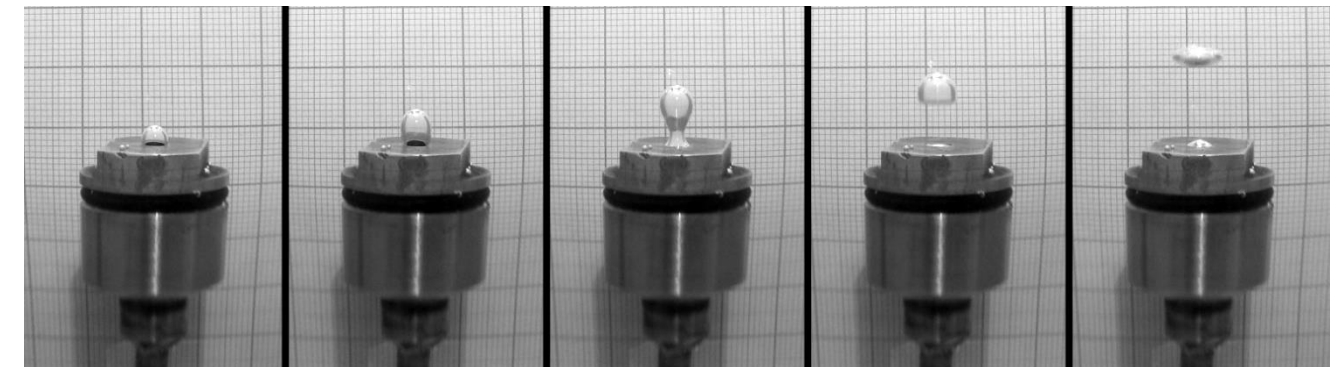
✓ Wykonano badania dynamiki przepływu dla wybranych dysz oraz różnych natężeń przepływu w zakresie barbotażu swobodnego.

✓ Korzystając ze zdjęć i filmów wykonanych w czasie przepływu pęcherzy przez ciecz, przeprowadzono analizę kształtowania się pęcherzy (rys. 1) oraz zmian ich kształtu (rys. 2). Po oderwaniu się od dyszy pęcherze przyjmują na bardzo krótki czas kształt kulisty, po czym ulegają deformacjom w czasie przepływu przez kolumnę. Obserwowane elipsoidalne lub parasolowate kształty odpowiadają kształtom na mapie Grace'a określonym na podstawie wartości liczb kryterialnych Reynoldsa, Eötvösa oraz Mortona:

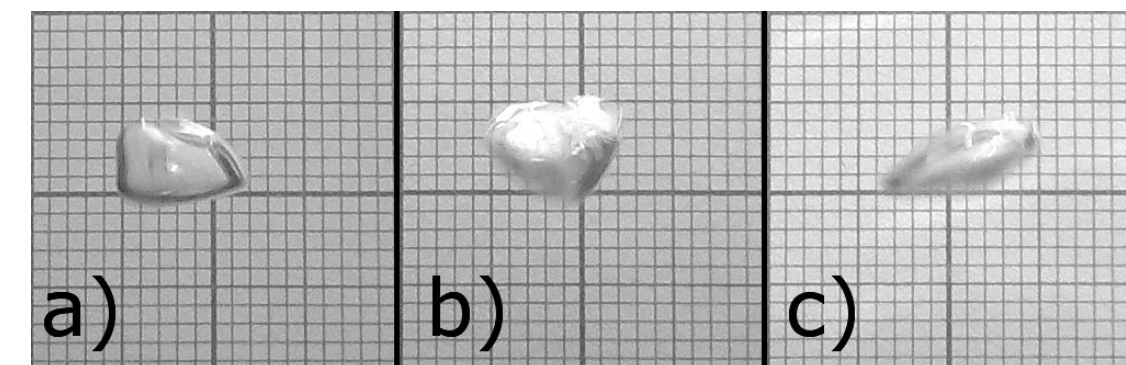
$$Re = \frac{u \cdot d \cdot \rho_c}{\mu_c} \quad Eo = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_c - \rho_g)}{\sigma_c} \quad Mo = \frac{g \cdot \mu_c^4 \cdot (\rho_c - \rho_g)}{\rho_c^2 \cdot \sigma_c^3}$$

✓ Analizowano również absorpcję dwutlenku węgla w roztworach wodnych zasady sodowej o różnych stężeniach, badając zmianę pH roztworów w czasie. Wyznaczona szybkość procesu zależna była od natężenia przepływu gazu przez ciecz.

✓ Na podstawie literatury [Moniuk et al., 1997] przyjęto, że w reaktorze będzie szybka reakcja pseudopierwszorzędowa. Otrzymane wartości współczynników wnikania masy (fizycznego i z reakcją chemiczną) są proporcjonalne, co potwierdziło poprawność założenia o znacznych oporach transportu składnika związanych z wnikaniem po stronie gazu.



Rys. 1. Proces odrywania się pęcherzyka gazowego od dyszy



Rys. 2. Kształty pęcherzy zarejestrowane na wysokości około: a) 4 cm, b) 6 cm, c) 8 cm od dyszy

- ✓ Na podstawie badań szybkości absorpcji oszacowano wstępnie doświadczalną wartość powierzchni międzyfazowej dla badanych roztworów przy różnych wartościach przepływu gazu. W prawie wszystkich badanych układach wyznaczone na podstawie doświadczeń wartości powierzchni międzyfazowej A oraz na podstawie zależności teoretycznej A_t były tego samego rzędu (tabela 1).

Tabela 1. Porównanie wartości doświadczalnych i teoretycznych powierzchni międzyfazowej

\dot{V} [ml/min]	A [m ²]	A_t [m ²]
20,1	$1,83 \cdot 10^{-4}$	$2,72 \cdot 10^{-4}$
40,1	$3,46 \cdot 10^{-4}$	$5,43 \cdot 10^{-4}$
80,2	$6,72 \cdot 10^{-4}$	$1,09 \cdot 10^{-3}$

Wnioski

- ✓ W ramach badań dynamiki barbotażu swobodnego potwierdzono, że wraz ze wzrostem średnicy otworu dyszy zwiększa się średnica wytwarzanego pęcherzyka gazu, zaś nie zależy ona od natężenia objętościowego przepływu gazu. Średnice pęcherzyków wyznaczone doświadczalnie są praktycznie równe tym obliczonym teoretycznie zgodnie z modelem van Krevelena.
- ✓ Zastosowanie zdjęć i filmów pozwoliło na oszacowanie czasu formowania pęcherzy i obserwację zmian ich kształtu: od kulistego do elipsoidalnego lub parasolowatego. Potwierdza to mapa Grace'a dla obliczonych liczb kryterialnych: Re , Eo , Mo . W związku z tym dynamika przepływu i rzeczywista powierzchnia międzyfazowa będzie różniła się od wartości teoretycznych.
- ✓ Obliczona doświadczalna wartość powierzchni międzyfazowej jest zbliżona do wartości wyznaczonych na podstawie zależności teoretycznej.
- ✓ Przeprowadzone eksperymenty stanowią pierwszy etap badań i wstępne wytyczne do tworzonego, nowego stanowiska dydaktycznego w Laboratorium Kinetyki Procesowej.