

Praca dyplomowa inżynierska

Badanie dynamiki barbotażu



Autor: Aleksandra Wiejak

Nr albumu: 306887

Promotor: dr inż. Anna Adach – Maciejewska

Rok akademicki: 2022/2023

Wprowadzenie

Barbotaż, jako jeden ze sposobów kontaktowania się fazy ciekłej z gazową, znalazł praktyczne zastosowanie w gałęziach przemysłu paliwowego, chemicznego i biotechnologicznego. Polega on na przepływie pęcherzy gazowych przez warstwę nieruchomej cieczy i stosowany jest w celu homogenizacji lub zintensyfikowania procesu wymiany masy w układach, w których główne opory transportu masy występują po stronie cieczy.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest określenie wpływu hydrodynamiki przepływu w barbotażu na rzeczywisty kształt pęcherzy gazowych oraz zbadanie procesu absorpcji fizycznej i absorpcji z reakcją chemiczną w tym układzie. Otrzymane wyniki będą stanowić wytyczne do modernizacji ćwiczenia dydaktycznego „Dynamika barbotażu” w Laboratorium Kinetyki Procesowej.

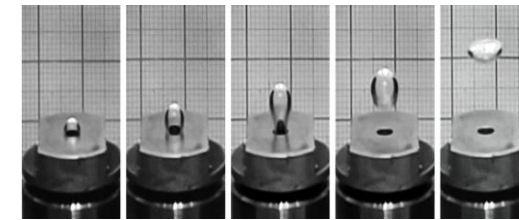
Zakres pracy obejmował przegląd literatury, przeprowadzenie szeregu badań dotyczących charakterystyki barbotażu swobodnego oraz obliczenia związane z absorpcją fizyczną i chemiczną.

Część doświadczalna

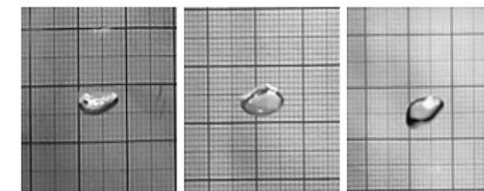
Badania wstępne polegały na wyselekcjonowaniu trzech dysz, spośród 14 dostępnych, które charakteryzowały się stabilnością i powtarzalnością wyników oraz na doborze odpowiednich warunków prowadzenia procesu. Na podstawie teorii van Krevelena obliczono średnice teoretyczne pęcherzy, które porównano z doświadczalnymi wyznaczonymi przy pomocy układu zliczającego z wbudowaną fotokomórką. Dla wybranych dysz zbadano wpływ hydrodynamiki przepływu na kształt pęcherzy. Wykorzystując metodę fotograficzną udokumentowano formowanie się kulistych pęcherzy gazu u wylotu z dyszy, które po 0,3 s przyjmowały kształty elipsoidalne, odpowiednie dla zastosowanej średnicy dyszy i przepływu gazu (rys.1-2). Na podstawie zdjęć oszacowano również średnice pęcherzy. Na podstawie wartości obliczonych liczb kryterialnych: Reynoldsa, Eötvösa i Mortona umiejscowiono punkty odpowiadając poszczególnym pęcherzom na mapie Grace'a, co potwierdziło ich elipsoidalny kształt.

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu}; E\ddot{o} = \frac{(\rho_c - \rho_g)gd^2}{\sigma_c}; Mo = \frac{g\mu_c^4(\rho_c - \rho_g)}{\rho_c^2\sigma_c^3}$$

Mapę Grace'a wraz z naniesionymi punktami dla średnic teoretycznych, doświadczalnych i wyznaczonych fotograficznie przedstawiono na Rys. 3.



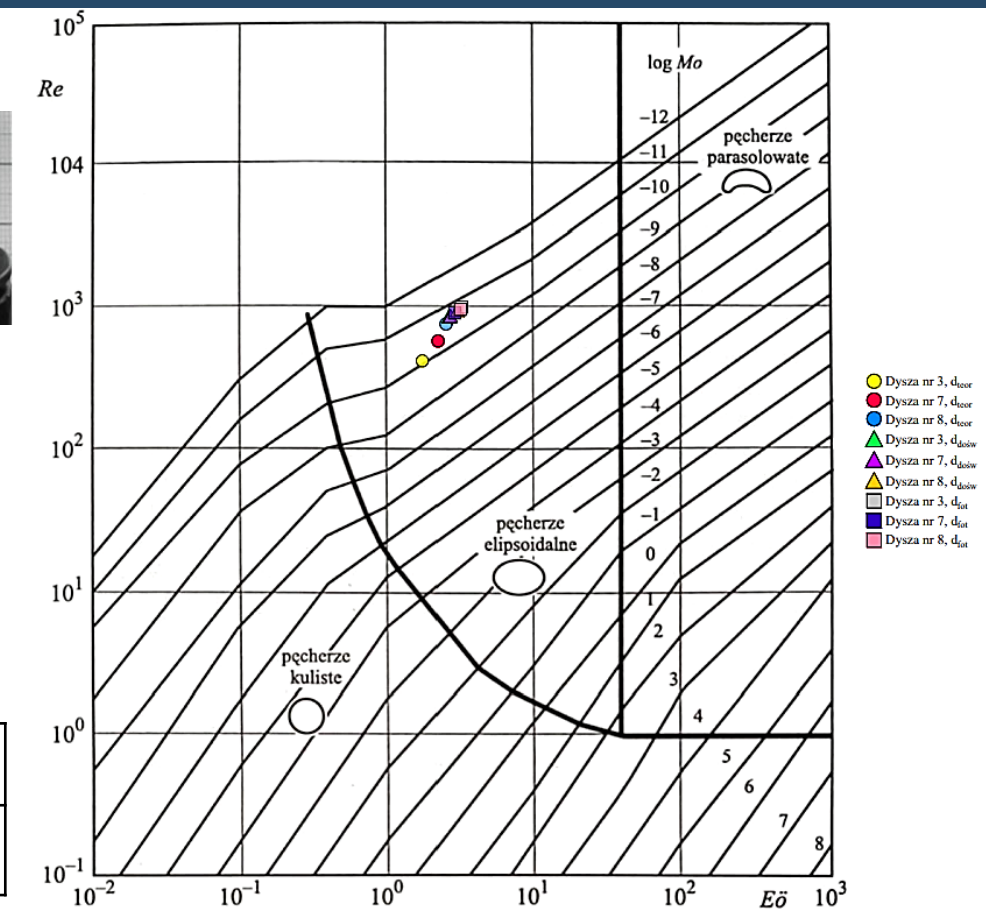
Rys.1. Proces formowania się pęcherza



Rys.2. Zaobserwowane kształty pęcherzy

$k_{ct} \left[\frac{m}{s} \right]$	$k_{cd} \left[\frac{m}{s} \right]$	$k_c^* \left[\frac{m}{s} \right]$
$2,63 \cdot 10^{-4}$	$2,59 \cdot 10^{-4}$	$8,05 \cdot 10^{-5}$

Tab.1. Porównanie współczynników wnikania masy



Rys.3. Mapa Grace'a (Dziubiński i Prywer, 2009); średnice: teoretyczne - koła; doświadczalne – trójkąty, fotograficzne - kwadraty

Na podstawie badań nad absorpcją fizyczną i chemiczną oszacowano wartość teoretycznej i doświadczalnej powierzchni międzyfazowej w układzie dwufazowym CO₂ – NaOH dla różnych wartości stężenia początkowego roztworu NaOH. Zgodnie z literaturą (Moniuk i in., 1997). Założono, że biegnąca reakcja jest szybka pseudopierwszorzędową i wyznaczono wartości współczynników wnikania masy dla absorpcji fizycznej i z reakcją chemiczną (tab.1). Niestety wartości współczynników dla absorpcji chemicznej znacznie odbiegają od przewidywanych wartości i są mniejsze od fizycznego współczynnika wnikania, w związku z tym ten element eksperymentów będzie powtórnie badany.

Wnioski

- Udowodniono, że zgodnie z teorią barbotażu swobodnego van Krevelena, wraz ze wzrostem średnicy dyszy rośnie średnica pęcherzy i nie zależy ona od natężenia objętościowego gazu.
- Średnice wyznaczone metodą teoretyczną, doświadczalną i fotograficzną różnią się o ok. 1 mm, co może wynikać z trudności jednoznacznego wyodrębnienia krawędzi pęcherzyków gazu.
- Wszystkie wyznaczone średnice znajdują się na mapie Grace'a w obszarze zgodnym z przewidywaniami tzn. mają kształt elipsoidalny.
- Wyznaczone teoretycznie i doświadczalnie wartości powierzchni międzyfazowej są niemal identyczne.
- Obliczony współczynnik wnikania masy z reakcją chemiczną znacznie odbiega od wartości przewidywanej, dlatego te doświadczenia należy powtórzyć.
- Prowadzone badania posłużą jako wstępne pomiary i wytyczne do modyfikacji ćwiczenia dydaktycznego w Laboratorium Kinetyki Procesowej.