

XIV Seminarium
ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2004
Oddział Gdański PTETiS

KONCEPCJA STANOWISKA DO IDENTYFIKACJI STRUKTURY PRZEPIŁYWU GAZ-CIECZ

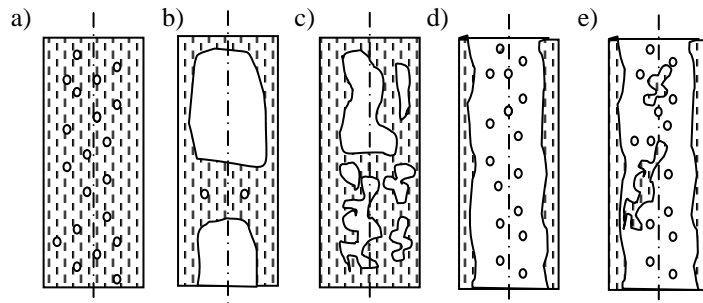
Mariusz R. RZAŚA

1. Politechnika Opolska Katedra Techniki Ciepłej i Aparatury Przemysłowej
tel:+48 (77) 4006370 fax: +48 (77) 4006139 e-mail: mrz@po.opole.pl

W pracy przedstawiono koncepcję stanowiska do określania struktury przepływu gaz-ciecz. Struktura przepływu może być pęcherzykowa jak i rozwarstwiona. Ze względu na złożony charakter omawianego zjawiska trudno jest opracować jednolity system rozpoznawania struktury. W pracy przedstawiono system pomiarowy składający się z tomografu optycznego służący do rozpoznawania struktur pęcherzykowych. Z kolei do rozpoznawania struktur rozwarstwionych zastosowano tomograf pojemnościowy. Omówiono wady i zalety obydwóch rozwiązań oraz oszacowano zakres stosowania w oparciu o mapy przepływu.

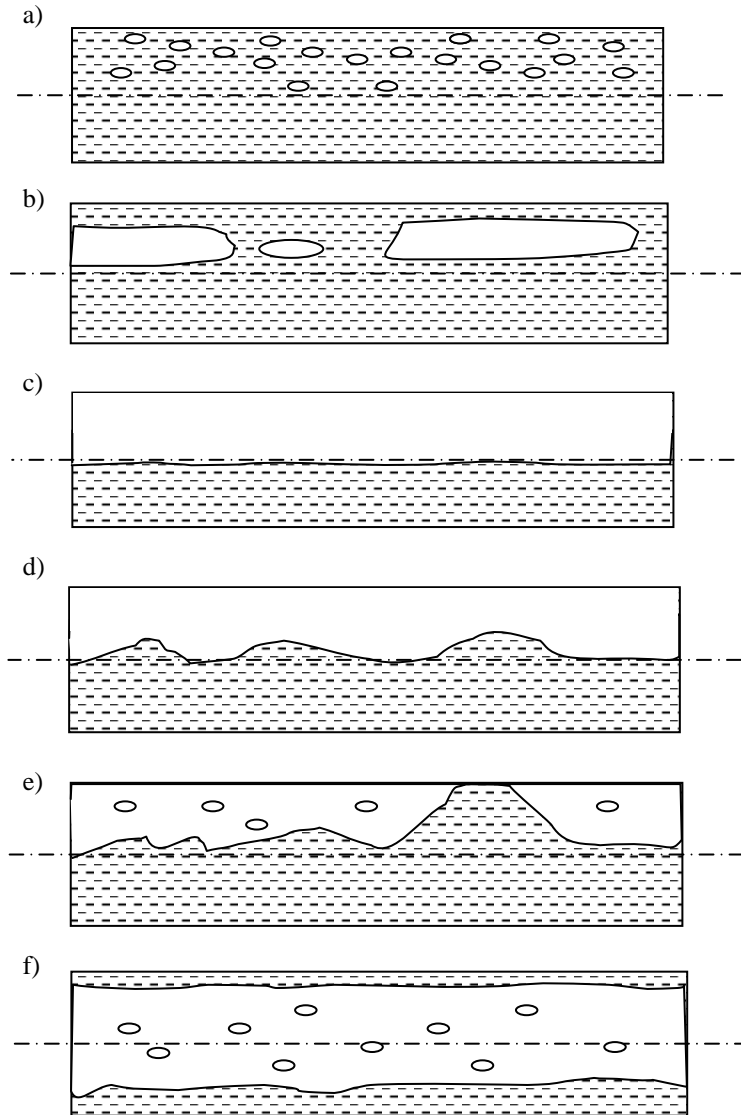
1. WPROWADZENIE

Przepływy gaz-ciecz różnią się swoim charakterem dla przepływu w przewodach pionowych jak i poziomych [1]. W przepływach pionowych z reguły rozkład koncentracji fazy gazowej jest symetryczny. Na rysunku 1 przedstawiono typowe struktury powstające przy przepływie w przewodach pionowych. Dla niewielkich przepływów gazu tworzą się struktury pęcherzykowe (rys 1a,b,c). Dla dużych przepływów gazu struktura ulega rozwarstwieniu z dominacją fazy gazowej w środku rurociągu.



Rys. 1 Przepływ pęcherzyków w przewodach pionowych a) pęcherzykowy b) korkowy c) spieniony d) pierścieniowy e) smugowo pierścieniowy

Podczas przepływu gazu w przewodach poziomych dla niewielkich przepływów gazu występuje struktura pęcherzykowa z większą koncentracją pęcherzyków w górnych partiach rurociągu (rys.2a,b). Zwiększając przepływ gazu uzyskuje się struktury rozwarstwione asymetryczne (rys.2c,d), które po zwiększeniu przepływu gazu przechodzą w symetryczne (rys.2e,f).



Rys. 2 Przepływ pęcherzyków w przewodach poziomych a) pęcherzykowy b) korkowy c) rozwarstwiony d) falowy e) pakietowy f) pierścieniowy

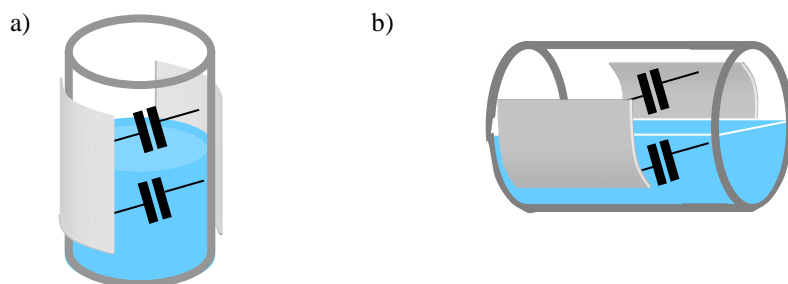
Zarówno w przewodach poziomych i pionowych przepływy takie charakteryzuje duża dynamika zmian chwilowych rozkładów koncentracji. Wymaga to skanowania obrazów z dużą szybkością. Jedynie w przepływach rozwarstwionych szybkość skanowanie jest nieco mniejsza.

2. SYSTEM POMIAROWY

Różnorodność struktur przepływu powoduje że stawia się wysokie wymagania systemowi do rozpoznawania takich struktur. W celu otrzymania zadowalających rezultatów konieczne jest zaprojektowanie złożonego systemu pomiarowego. Składa się on z dwóch tomografów, tomografu pojemnościowego i optycznego.

2.1. Tomograf pojemnościowy

Tomograf pojemnościowy ze względu na swoją budowę uśrednia wartość koncentracji na długości elektrody. Jest to znaczącą zaletą podczas badania struktur rozwarstwionych (rys.1d,e oraz rys.2 c,d). Wadą tego rodzaju tomografu jest jego stosunkowo wolna praca, umożliwiającą skanowanie od kilku do kilkudziesięciu obrazów na sekundę. W przypadku przepływu pęcherzyków z dużą prędkością rzędu 1m/s, wartość ta jest niewystarczająca.



Rys. 3 Rozkład pojemności w przewodach a) pionowych b) poziomych

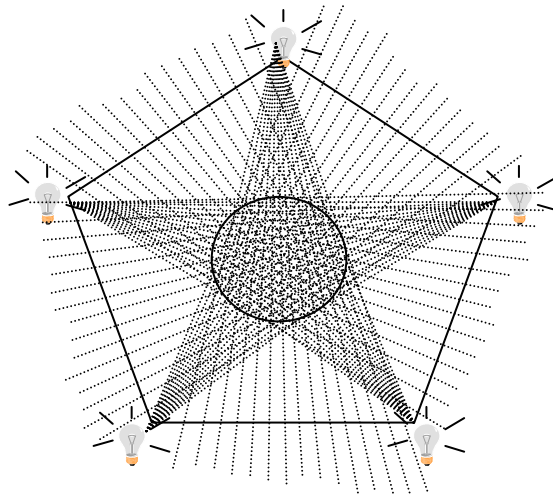
W zależności od tego czy dokonuje się pomiaru rozkładu koncentracji w przewodach pionowych czy poziomych konieczne jest zastosowanie odpowiedniego modelu korekty pojemności (rys.3) [2].

2.1. Tomograf optyczny

Koncepcja prototypowego tomografu optycznego do badania koncentracji gazu (rys.4), polega na prześwietlaniu rurociągu rozproszoną wiązką światła, a następnie pomiarze natężenia światła docierającego do linijki fotodetektorów. Za pomocą synchronicznego zapalania źródeł światła uzyskuje się 5 projekcji.

Dominującym zjawiskiem fizycznym na granicy faz w tym przypadku jest rozproszenie wiązki światła na powierzchni pęcherzyka. Współczynniki absorpcji dla wody i powietrza niewiele różnią się od siebie, stąd rozpoznanie struktury z rys. 1c,d,e i 2c,d,e,f jest trudne do rozróżnienia tomografem optycznym. Dobre rezultaty w rozpoznawaniu struktur uzyskuje się dla przepływów pęcherzykowych. Sygnał wyjściowy z tomografu jest w po-

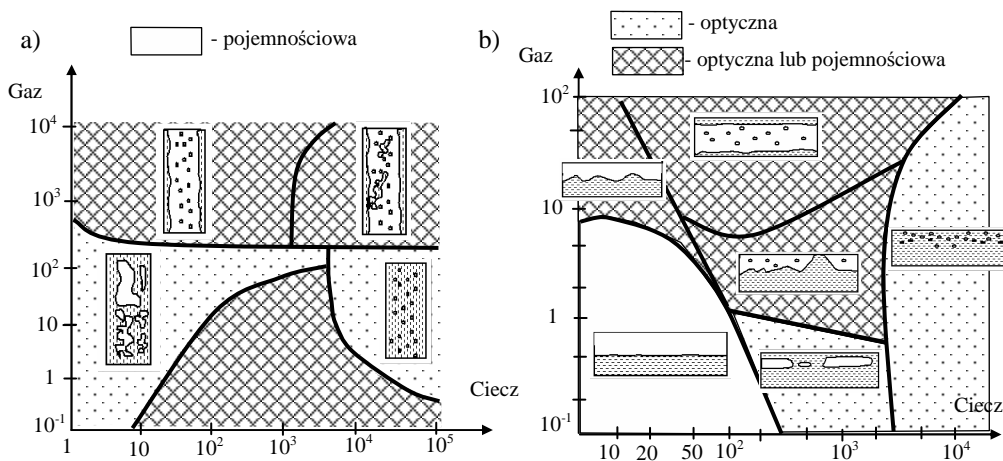
stacji cyfrowej, co umożliwi uzyskanie dużych prędkości skanowania nawet do 1000 ramek na sekundę. Stanowi to dużą zaletę tego rozwiązania, bo umożliwi rejestrację pojedynczych pęcherzyków.



Rys. 4 Idea tomografu optycznego

2.3. Zakres zastosowania

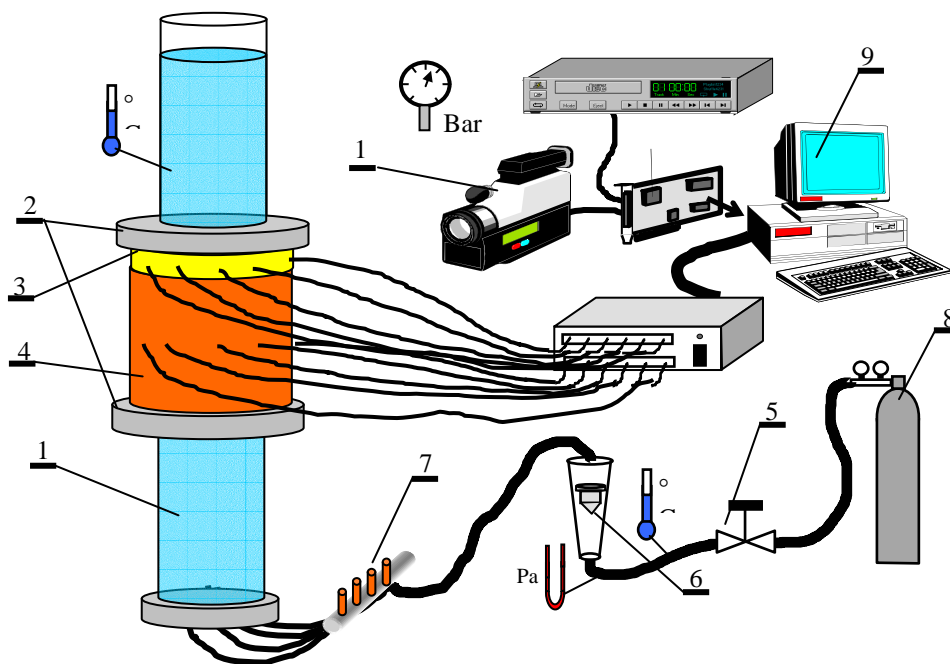
Na rysunku 5 przedstawiono mapy przepływów w przewodach pionowych i poziomych [3]. Ze względu na wcześniej omówione wady i zalety poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych tomografów optycznego i pojemnościowego w zależności od strumienia gazu i cieczy, korzystniejsze jest zastosowanie odpowiedniego tomografu dla danej struktury przepływu. Występują jednak strefy, w których obydwa rozwiązania dają zbliżone rezultaty.



Rys. 5 Mapy przepływów gaz-ciecz dla przewodów a) pionowych b) poziomych

3. BUDOWA STANOWISKA

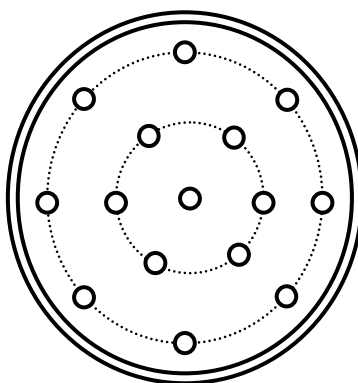
Stanowisko badawcze przedstawiono na rys.6. Podstawę stanowiska stanowi kolumna o przekroju kołowym 1 wypełniona cieczą. Średnica otworu w kolumnie wynosi 150 mm. Kolumna składa się z dwóch części zakończonych kołnierzami 2 pozwalającymi na umieszczenie pomiędzy nimi cagli pomiarowej tomografu optycznego 3 oraz tomografu pojemnościowego 4. Zasilanie kolumny odbywa się za pomocą dekady dysz umieszczonej w dnie kolumny. Dysze są zasilane powietrzem z butli gazowej 8 poprzez zawór regulacyjny 5. Przepływ gazu wypływającego z butli jest mierzony rotametrem 6. Powietrze do dysz jest doprowadzone przez kolektor 7 z układem zaworów umożliwiającym sterowanie przepływem w taki sposób, aby w kolumnie można było uzyskać różne struktury przepływu, a także różne rozkłady koncentracji. Dane pomiarowe z obydwóch tomografów są rejestrowane przez komputer 9, i na tej podstawie oblicza się rozkład koncentracji. Dodatkowo tor pomiarowy wyposażono w kamerę 10 z magnetowidem, umożliwiającą rejestrację przebiegu eksperymentu. W celu kontroli warunków eksperymentu na stanowisku mierzy się temperaturę



Rys. 6 Stanowisko pomiarowe

Wstępnie założono że do uzyskania typowych rozkładów koncentracji wystarczy umieszczenie w dnie kolumny 15 dysz rozmieszczonych jak na rys. 7. 8 dysz umieszczono blisko ścianki, co pozwala na wytworzenie przepływu pęcherzyków o strukturze pierścieniowej lub rozwarstwionej. 6 dysz umieszczonych po obwodzie środkowego koła umożliwia uzyskanie struktur korkowych lub regularnych i nieregularnych przepływów pęcherzykowych. Tego typu rozwiązanie pozwoli na wytworzenie podstawowych struktur występu-

jących w przepływach gaz-ciecz. Umożliwi to prowadzenie badań rozkładu koncentracji dla różnych struktur przy różnych strumieniach.



Rys. 7 Rozkład dysz w dnie kolumny

4. PODSUMOWANIE

Zaproponowane rozwiązanie umożliwia przeprowadzenie badań w zakresie zjawisk zachodzących przy tworzeniu się różnych struktur w przepływie gaz-ciecz. Jednocześnie pozwoli na wyznaczenie map przepływu. Porównanie wyników z tomografu optycznego i pojemnościowego pozwoli na opracowanie systemu, który pozwoli na dobry pomiar w całym przedziale struktur. W szczególności dla struktury z rys.1d,e i 2f gdzie jednocześnie występuje struktura rozwarstwiona i pęcherzykowa dobre rezultaty będzie można uzyskać poprzez złożenie obrazów z tomografu optycznego i pojemnościowego.

5. BIBLIOGRAFIA

1. S.A. Tjugum, G.A. Johansen , Multiphase Flow Regime Identification by Multibeam Gamma-Ray Densitometry, 2nd World Congress on Industrial Process Tomography, Hannover, Germany, 29th - 31st August 2001
2. Electrical capacitance tomography system Type PTL300E, July 2003
3. Orzechowski Z., Przepływy dwufazowe jednowymiarowe ustalone adiabatycznie, PWN Warszawa 1990

THE STAND OF IDENTIFICATION OF GAS-LIQUID STRUCTURE

The paper presents the stand for determination of gas-liquid flow structure. Bubble or laminar flows can be distinguished. The considered phenomenon is rather complicated so it is difficult to create one simple system for structure recognition. The paper presents a measuring system including the optical tomograph for bubble structure identification. For laminar structures the capacitance tomograph is applied. Advantages and disadvantages of both systems are discussed and their application ranges are evaluated according to flow maps.