

MAŁGORZATA PŁACZEK  
STANISŁAW WITCZAK

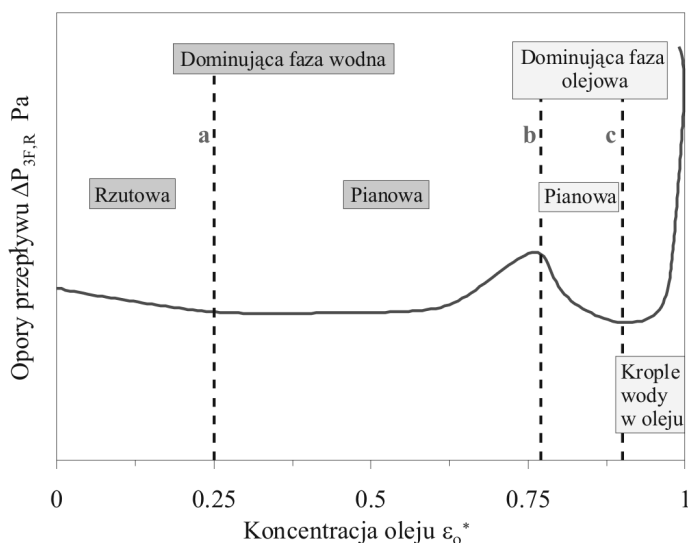
Wydział Mechaniczny, Politechnika Opolska, Opole

# Redukcja ciśnienia w wybranych przypadkach przepływu trójfazowego

## Wprowadzenie

Współprądowemu przepływowi dwóch cieczy niemieszających się i gazu towarzyszyć mogą specyficzne zjawiska, które nie występują lub mają odmienny przebieg niż w przypadku przepływu układów dwufazowych ciecz – ciecz, czy gaz – ciecz [1–5]. Do zjawisk tych należy zaliczyć przede wszystkim możliwość tworzenia się bardzo złożonych dynamicznych struktur przepływu, których postać ulega zmianie wraz ze zmianą warunków przepływowych. Wiąże się to na ogół z brakiem stabilności przepływu tak złożonego układu wielofazowego. Z kolei zmienność ta wiąże się zazwyczaj ze zjawiskiem inwersji faz. Skutkiem tego w pewnych specyficznych warunkach obserwuje się zmiany oporów przepływu mieszaniny trójfazowej, a w szczególnych przypadkach ma miejsce także efekt ich redukcji (Rys. 1). Określenie wartości całkowitych strat ciśnienia w przepływie, na które składają się opory hydrauliczne oraz ciśnienie hydrostatyczne stanowi w takich przypadkach jedno z zasadniczych kryteriów optymalizacji pracy instalacji przepływowych, a warunek ten konieczny jest też do poprawnego ich projektowania.

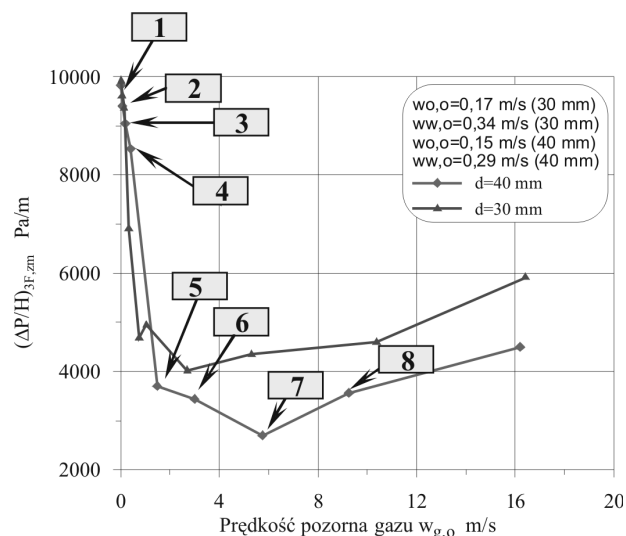
W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych przepływu trójfazowego gaz – ciecz – ciecz, które miały na celu określenie wpływu parametrów przepływowych na charakter zmian całkowitej straty ciśnienia oraz jej składowych. Opisano wybrane przypadki redukcji strat ciśnienia wskazując na ich bezpośrednie przyczyny tj. zmianę struktur przepływu oraz inwersję faz.



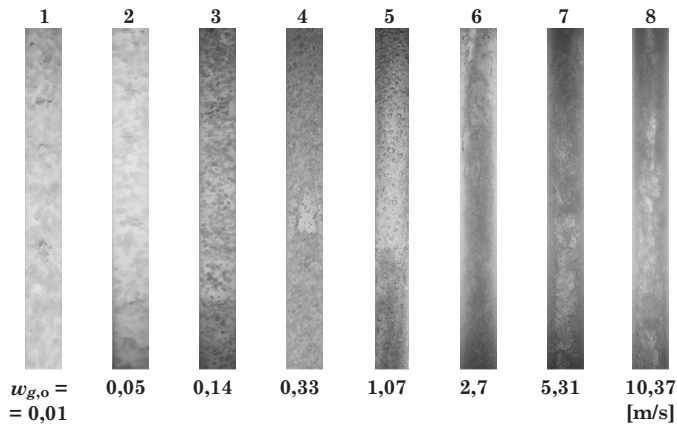
Rys. 1. Typowy przebieg oporów wznoszącego przepływu trójfazowego powietrze – woda – olej wg [5]

## Analiza wyników badań

Poszukując bezpośrednich przyczyn występowania efektu redukcji w wartościach strat ciśnienia w przepływie mieszaniny trójfazowej wykonano badania doświadczalne oraz dokonano analizy ich wyników. Podjęto przy tym próbę potwierdzenia lub wykluczenia hipotezy o bezpośrednim wpływie struktur przepływu na wartość strat ciśnienia przy pionowym przepływie strugi trójfazowej. Badania prowadzono na układzie powietrze-woda-olej w kanale o średnicy wewnętrznej 30 i 40 mm i długości (w obu przypadkach) 7,5 m. Na rys. 2 tytułem przykładu, przedstawiono typowy dla takiego przepływu rozkład zmian jednostkowych strat ciśnienia, które odnoszą się do obserwowanych w trakcie badań struktur. Rzeczywisty obraz struktur przedstawiono na rys. 3 wraz z przyporządkowanym im oznaczeniem (cyfry od 1 do 8). Z danych pomiarowych wynika (Rys. 2), że przy małej prędkości pozornej gazu, w zakresie występowania struktur pęcherzykowo-kropłowych (B-DrO/W) straty ciśnienia mają największą wartość. Związane jest to z dużą gęstością mieszaniny gazowo-cieczowej w obszarze występowania tych struktur, spowodowanej znikomym udziałem objętościowym gazu. Wzrost tego udziału, będący wynikiem, wzrastającego strumienia gazu prowadzi do powstania struktur korkowych z kroplami oleju w wodzie (P-DrO/W). Stwierdzono znaczny spadek gęstości mieszaniny trójfazowej i postępującą redukcję w stratach ciśnienia, które w zakresie tych struktur przyjmują wartości najniższe.



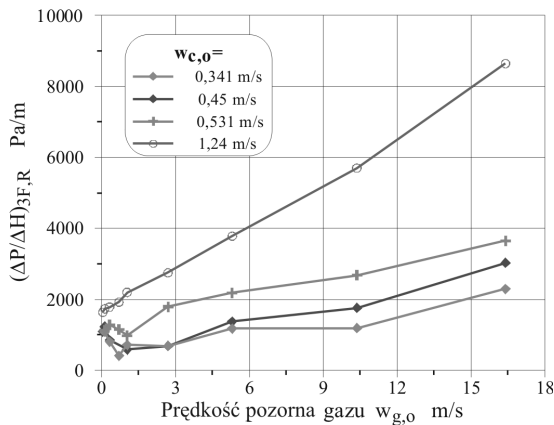
Rys. 2. Charakter zmian całkowitej straty ciśnienia w przepływie trójfazowym powietrze – woda – olej w rurach o średnicy 30 mm ( $w_{c,o} = 0,51$  m/s) i 40 mm ( $w_{c,o} = 0,44$  m/s)



Rys. 3. Struktury przepływu związane ze wzrostem strumienia powietrza przy  $d = 40$  mm: 1-4 - B-DrO/W, 5, 6 - P-DrO/W, 7, 8 - F-DO/W

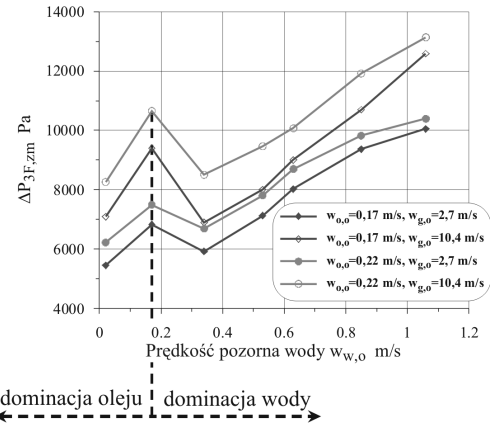
Największe redukcje w wartościach strat ciśnienia w stosunku do wartości początkowych (minimalny udział fazy gazowej w mieszaninie trójfazowej) obserwowano dla przepływów z niewielkimi prędkościami pozornymi cieczy. W tym przypadku redukcje te wynosiły 60–70% wartości początkowej strat ciśnienia, natomiast dla większych prędkości pozornych cieczy kształtowały się na poziomie 30–50%.

Obserwowany przy dalszym wzroście strumienia gazu wzrost strat ciśnienia związany jest z formowaniem się struktur pianowo-dyspersyjnych (FDO/W) w zakresie, których o wartości strat ciśnienia decydują opory tarcieowe przepływu (Rys. 4).



Rys. 4. Tarcieowe opory przepływu ( $d = 30$  mm)

Istotnym czynnikiem determinującym charakter zmian strat ciśnienia jest zjawisko inwersji faz (Rys. 5). Stwierdzono



Rys. 5. Efekt redukcji strat ciśnienia w warunkach inwersji faz ciekłych ( $d = 30$  mm)

przy tym, że zasadnicza redukcja tych strat następuje w obszarze dominacji fazy wodnej.

Obserwowany w badaniach własnych charakterystyczny przebieg zmian całkowitych strat ciśnienia, występowanie lokalnych minimów czy pików w stratach ciśnienia w warunkach inwersji faz ciekłych obserwowali również Descamps i in. [4], Shean [5], Woods i in. [6], a także Spedding i in. [3]. Przeprowadzona analiza wyników badań pozwala również stwierdzić, że wynikające ze zmiany struktur przepływu efekty redukcji oporów przepływu są znacznie mniejsze niż tego samego charakteru efekty wywołane zmianą fazy dominującej w przepływie dwufazowym woda – olej.

### Podsumowanie

W pracy opisano efekty redukcji strat ciśnienia i oporów przepływu w przepływie trójfazowym gaz – ciecz – ciecz związane ze zmianą struktur przepływu. Wyniki badań wskazują, że w warunkach inwersji faz, zmianie fazy dominującej (na ciecz o mniejszej lepkości) towarzyszy zmniejszenie się oporów przepływu nawet o 50%. Tak znaczna redukcja oporów wskazuje na możliwość wykorzystania zjawiska zmiany fazy dominującej w przepływie do obniżenia kosztów przetłaczania mieszanin trójfazowych.

### LITERATURA

1. L. Troniewski i in.: Studia i Monografie z. 150, Politechnika Opolska, Opole (2003).
2. R. Dyga i in.: Inż. Ap. Chem. 45, nr 6s, 57 (2006).
3. P.L. Spedding i in.: Trans. IChemE, 78, Part A, 404 (2000).
4. M. Descamps i in.: Int. J. Multiphase Flow, 32, 311 (2006).
5. A. Shean: Master Thesis, 1976.
6. G.S Woods: Trans. IChemE 76, Part A, 571 (1998).