

LUBOMIRA BRONIARZ-PRESS  
MAREK OCHOWIAK  
JACEK RÓŻAŃSKI  
SZYMON WOZIWODZKI

Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

## Analiza wartości kąta rozpylania podczas dwufazowego rozpylania emulsji

### Wprowadzenie

Rozpylanie emulsji jest procesem szeroko rozpowszechnionym (m.in. w przemyśle rolno-spożywczym, maszynowym, energetyce oraz w życiu codziennym). Przykładowo emulsjami są mleko, ciecze chłodzące elementy skrawające maszyn i obrabiarek, farby i lakiery, oleje opałowe, środki ochrony roślin i nawozy [1–5].

### Część eksperymentalna i wyniki pomiarów

Przedmiotem niniejszej pracy była wizualizacja i analiza zdjęć procesu rozpylania wody i emulsji w dyszy pneumatycznej. Badane emulsje zawierały oleje mineralne o różnych lepkościach (Tablica 1) i napięciu powierzchniowym  $\sigma = 32 \pm 2$  [mN/m]. Badania wykonano na stanowisku pomiarowym opisanym szczegółowo w pracy [6] zaopatrzonej w dyszę, której konstrukcję przedstawiono na rys 1. Średnica otworu wylotowego cieczy wynosiła  $d_w = (1,35; 1,65; 2,0)$  mm, a średnica otworu wylotowego gazu  $d_g = (2, 3, 4, 5, 6)$  mm. Wizualizację przeprowadzono metodą fotografii cyfrowej. Wartości kątów rozpylania wyznaczano wykorzystując program *OptaView* wchodzący w skład pakietu *MultiScanBase* firmy *Computer Scanning System II*. Badania przeprowadzono w zakresach zmien-

ności natężenia przepływu cieczy od 0,0014 do 0,011 [dm<sup>3</sup>/s] i gazu od 0,28 do 1,4 [dm<sup>3</sup>/s].

Przykładowe obrazy rozpylania emulsji przedstawiono na rys. 2. Badania wykazały, że przy niewielkich wartościach natężenia przepływu cieczy zachodzi słabe rozpylenie strugi cieczy i w efekcie uzyskuje się małe wartości kąta rozpylania. Wartości kąta rozpylania wzrastają wraz ze wzrostem natężenia przepływu gazu. Jednocześnie zaobserwowano nieliniowy przebieg zależności kąta rozpylania od prędkości przepływu cieczy. Przy niewielkich prędkościach przepływu cieczy płynie ona zwartym strumieniem, od którego mogą odrywać się pojedyncze krople (przy dużych prędkościach gazu obserwowano rozpad strugi na krople). Zwiększanie prędkości cieczy powoduje wzrost kąta rozpylania do wartości maksymalnej. Dalszy wzrost natężenia przepływu cieczy powoduje zwiększenie „objętości” strugi, przez co trudniej ulega ona rozpadowi, w efekcie czego wartość kąta rozpylania maleje. Przykład takich zależności przedstawiono na rys. 3. Uzyskane wyniki są zgodne z danymi *Carvalho* i współpracowników [7] oraz *Ochowiaka* i *Broniarz-Press* [8].

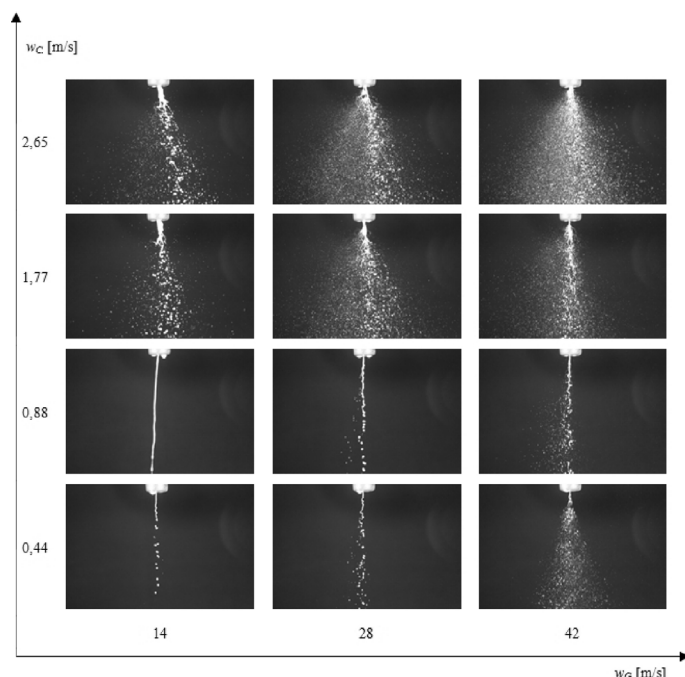
Rozpad strumienia cieczy na krople zależy nie tylko od prędkości mediów, lecz również od geometrii dyszy. Z uzyskanych danych doświadczalnych wynika, że wartości kąta roz-

Tablica 1  
Charakterystyka stosowanych olejów

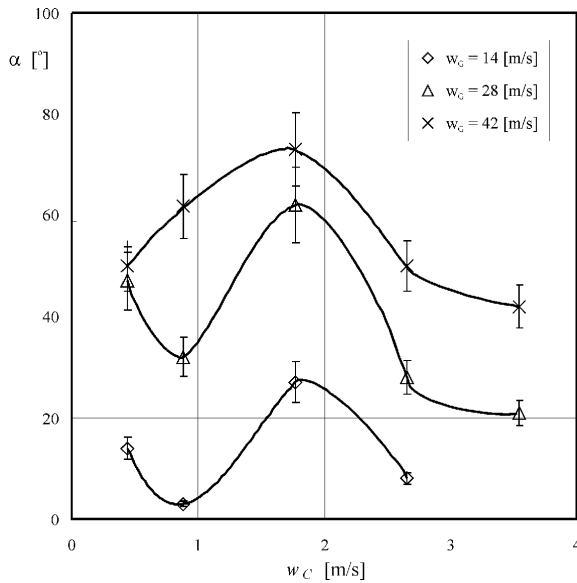
Olej	Lepkość $\eta$ [Pa·s]	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
20–30	$26,4 \cdot 10^{-3}$	866
20–50	$42,8 \cdot 10^{-3}$	866
20–70	$59,9 \cdot 10^{-3}$	865
20–90	$77,7 \cdot 10^{-3}$	869



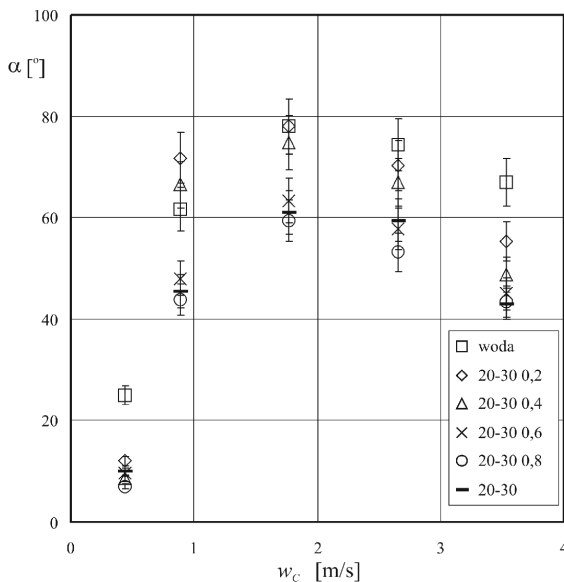
Rys. 1. Konstrukcja badanej dyszy pneumatycznej



Rys. 2. Wizualizacja kąta rozpylania dla różnych prędkości przepływu emulsji na bazie oleju 20-70 o  $\phi = 0,4$  i gazu dla dyszy o  $d_w = 2$  mm i  $d_g = 5$  mm



Rys. 3. Zależność kąta rozpylenia od prędkości przepływu wody przy zmieniających się wartościach prędkości przepływu gazu ( $d_w = 2$  mm i  $d_0 = 5$  mm)



Rys. 4. Zależność kąta rozpylenia od prędkości przepływu cieczy ( $d_w = 2$  mm i  $d_0 = 3$  mm) przy masowym natężeniu przepływu gazu  $m_G = 0,00064$  [kg/s] i różnych wartościach udziału objętościowego oleju

pylania wzrastają wraz ze zmniejszeniem średnicy otworu wylotowego dyszy. Wartości kąta rozpylenia dla emulsji mogą być większe niż obserwowane w przypadku procesu rozpylania wody. Przykładową zależność kąta rozpylenia od prędkości przepływu cieczy dla różnych wartości udziału obję-

tościowego oleju przedstawiono na rys. 4. Wykazano, że wraz ze wzrostem lepkości rozpylanej emulsji kąt rozpylenia maleje. Nie jest to tożsame ze wzrostem udziału objętościowego oleju w emulsji, gdyż zależność lepkości emulsji od ilości dodanego do niej oleju jest funkcją nieliniową z wartością maksymalną przypadającą na moment inwersji faz.

Emulsje mogą łatwiej ulegać rozpadowi tworząc większe kąty rozpylenia niż woda. Potwierdza to wyniki badań *Broniarz-Press* i współpracowników [9] uzyskanych dla przepływu jednofazowego. Efekt ten jest związany z napięciem powierzchniowym oraz lepkością. Z jednej strony niższe napięcie powierzchniowe emulsji o niedużym udziale objętościowym oleju (przy praktycznie porównywalnej lepkości z lepkością wody) powoduje przyspieszenie rozpadu strugi cieczy na krople. Z drugiej strony, wzrost lepkości rozpylanej cieczy utrudnia rozrywanie strugi na pojedyncze krople, co uwidacznia się w przypadku emulsji o większych udziałach objętościowych oleju. Wartości kąta rozpylenia maleją wraz ze wzrostem lepkości cieczy.

### Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy zagadnienia stwierdzono, że wartości kąta rozpylenia wpływają: natężenia przepływu mediów, napięcie powierzchniowe i lepkość cieczy oraz konstrukcja rozpylacza. Wykazano, że wraz ze wzrostem lepkości emulsji kąt rozpylenia maleje. Wartości kąta rozpylenia wzrastają wraz ze wzrostem natężenia przepływu gazu oraz zmniejszeniem średnicy otworu wylotowego. Zależność kąta rozpylenia od prędkości przepływu cieczy jest funkcją nieliniową z maksimum.

### LITERATURA

1. A. Millqvist-Fureby: Colloids Surf. B: Biointerfaces **31**, 65 (2003).
2. J. Abu-Alli, S.A. Barringer: J. Electrostatics **63**, 361 (2005).
3. A. Gajtkowski: Rozprawa habilitacyjna, Akademia Rolnicza w Poznaniu, 1987.
4. Z. Orzechowski, J. Prywer: Rozpylanie cieczy, Warszawa, WNT, 1991.
5. A.H. Lefebvre: Atomization and Sprays, New York, Hemisphere P.C. 1989.
6. L. Broniarz-Press, M. Ochowiak, J. Różański, S. Wozniowdzki: Proc. ILASS '2008, Como Lake, P-3 (2008).
7. I.S. Carvalho, M.V. Heitoyr, D. Santos: Int. J. Multiphase Flow **28**, 773 (2002).
8. M. Ochowiak, L. Broniarz-Press: VDI Fortschritt-Berichte, Reihe **3** No 883, 183 (2007).
9. L. Broniarz-Press, D. Dulaska, M. Ochowiak, J. Różański, W. Szaferski, S. Wozniowdzki: Inż. Ap. Chem. **46**, nr 4-5, 13 (2007).

**Praca wykonana w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N207 043 31/1786 dla Politechniki Poznańskiej.**