

MAREK OCHOWIAK

Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

Wpływ stężenia polimeru na średnicę kropli w atomizerach pęcherzykowych

Wprowadzenie

W pracy przebadano atomizery typu pęcherzykowego z wewnętrznym mieszaniem gazu z cieczą. W przeciwieństwie do innych form rozpylania dwufazowego, podczas rozpylania z zastosowaniem pomocy dyszy musującej nie jest wykorzystywana energia kinetyczna strumienia gazu. Dysze typu pęcherzykowego zostały zaprojektowane dla różnorodnych zastosowań m.in. turbin gazowych, produktów konsumenckich oraz silników *Diesla* [1–7]. Proces wtrysku paliwa odgrywa ważną rolę w procesie projektowania turbin w piecach, głównie ze względu na emisję zanieczyszczeń. Dysze służące do wtrysku paliwa muszą zapewniać dobre rozpylenie w całym zakresie różnorodności paliw oraz być odporne na zatykanie się w niskiej temperaturze. Zastosowanie takich dysz sprawia, że otrzymuje się lepiej rozpyloną cieczę, emitowaną są mniejsze ilości zanieczyszczeń. Mogą one obsługiwać szeroką różnorodność paliw bez względu na ich fizyczne właściwości. W zabiegach agrotechnicznych, ze względu na jakość oprysków, wymagane jest powstawanie kropli o konkretnej średnicy. Możliwe jest to do zrealizowania poprzez zastosowanie odpowiedniego typu dyszy lub modyfikację właściwości cieczy. Dysze pęcherzykowe wyposażone są w znacznie większe otwory wylotowe niż tradycyjne dysze, tym samym redukują problemy związane z zatykaniem się dyszy [1,8].

Część eksperymentalna i wyniki pomiarów

Przedmiotem pracy była analiza eksperymentalna procesu rozpylania cieczy w układach dwufazowych powietrze-woda oraz powietrze-wodne roztwory politlenku etylenu (PEO) o masie molowej $M_w = 8000000$ firmy *Sigma-Aldrich* o różnych stężeniach. Ze względu na duży stopień degradacji łańcuchów polimeru, roztwory badano po jego wstępnej degradacji mechanicznej. Charakterystykę badanych cieczy przedstawiono w tabelicy 1. Stanowisko pomiarowe oraz metodykę badań opisano w pracy [8]. W pracy zastosowano atomizer typu pęcherzykowego o średniej średnicy wylotowej $d_0 \in (3-5)$ mm zaopatrzony w aerator z dziewięcioma otworami wylotowymi gazu o średnicy $d_A = 1,5$ mm. W pracy przed-

stawiono wpływ średnicy otworu wylotowego oraz stężenia polimeru na wartość średniej objętościowo-powierzchniowej średnicy kropli zdefiniowanej równaniem [9]:

$$SMD = \frac{\sum D^3 \Delta n}{\sum D^2 \Delta n} \quad (1)$$

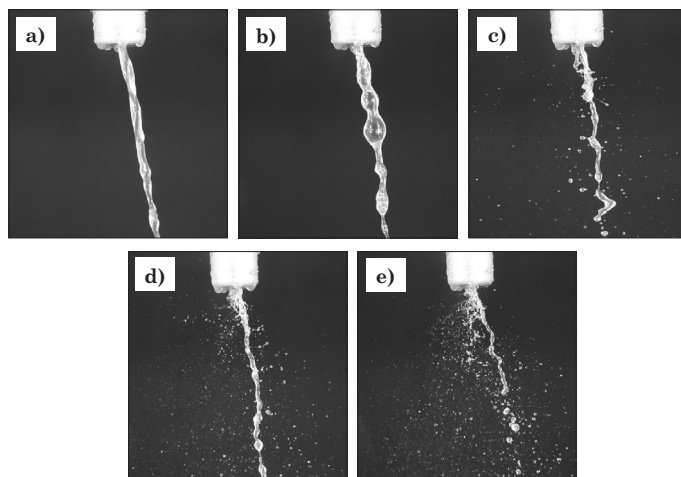
Uzyskane wyniki badań przedstawiono graficznie w zależności SMD od stosunku masowego natężenia przepływu gazu do masowego natężenia przepływu cieczy zdefiniowanego równaniem [9]:

$$GLR = \frac{\dot{m}_G}{\dot{m}_C} \quad (2)$$

Badania przeprowadzono w zakresie wartości GLR od 0,028 do 0,57.

Na rys. 1 przedstawiono przykładowe obrazy rozpylania strugi cieczy. Analiza obrazów wykazała, że wypływ cieczy z atomizera przyjmuje różne formy zgodnie z opisanymi w pracach [1] i [9]. Zaobserwowano również charakterystyczne dla rozpylania pęcherzykowego, tworzenie się pęcherzyków powietrza zamkniętych w cieczy (baniek) [1, 8]. W atomizerach tego typu można wytworzyć napowietrzone krople. Ma to znaczenie dla zabiegów agrotechnicznych, gdyż cechują się one mniejszym znośnieniem.

Przykładowe obrazy graficzne uzyskanych zależności SMD od GLR przedstawiono na rys. 2 i 3. Uzyskane zależności wskazują, że wraz ze wzrostem wartości GLR wartość SMD



Rys. 1. Przykładowe obrazy procesu rozpylania wodnego roztworu PEO o stężeniu 0,05 %wag. w atomizerze o $d_0 = 5$ mm przy natężeniu przepływu cieczy $\dot{V}_C = 1,11 \cdot 10^{-5}$ [m³/s] i różnych natężeniach przepływu gazu: a) $\dot{V}_G = 0,28 \cdot 10^{-3}$ [m³/s], $GLR = 0,028$, b) $\dot{V}_G = 0,56 \cdot 10^{-3}$ [m³/s], $GLR = 0,056$, c) $\dot{V}_G = 0,83 \cdot 10^{-3}$ [m³/s], $GLR = 0,086$, d) $\dot{V}_G = 1,11 \cdot 10^{-3}$ [m³/s], $GLR = 0,11$, e) $\dot{V}_G = 1,40 \cdot 10^{-3}$ [m³/s], $GLR = 0,14$

Tablica 1
Charakterystyka badanych roztworów

Stężenie PEO w roztworze c [%wag.]	Gęstość ρ [kg/m ³]	Lepkość η [mPa·s]
0	998,2	1,0
0,0125	998,2	1,64
0,025	998,2	1,83
0,05	998,2	2,06
0,1	998,2	2,48

maleje. Niezwykle ważne jest natężenie przepływu gazu. Im większe natężenie gazu, tym lepsza jakość rozpylenia. Wykazano, że wielkość otworu wylotowego i natężenie przepływu wypływającej cieczy decydują o ilości rozpylanej cieczy w jednostce czasu, jak również o jakości jej rozpylenia. Im większe natężenie przepływu cieczy i większy otwór rozpylacza, tym krople są większe, tzn. rozpylenie jest bardziej grubokropliste. Mniejszy natomiast otwór i malejące natężenie przepływu cieczy skutkują drobniejszym rozpyleniem cieczy (więcej mniejszych kropli z tej samej objętości cieczy).

Wykazano, że wraz ze wzrostem stężenia polimeru w roztworze wzrasta wartość SMD . Wraz ze wzrostem stężenia polimeru w roztworze wzrasta jego lepkość przy ścinaniu. W przypadku tego typu polimeru ważna jest lepkość wzdłużna, która jest bardzo duża i to ona decyduje o rozpadzie strugi [10]. Wykazano, że za pomocą atomizatorów pęcherzykowych można rozpylać ciecze o zróżnicowanych lepkościach, gdyż kluczowym parametrem decydującym o procesie rozpadu strugi dla przebadanych cieczy jest konstrukcja atomizera.

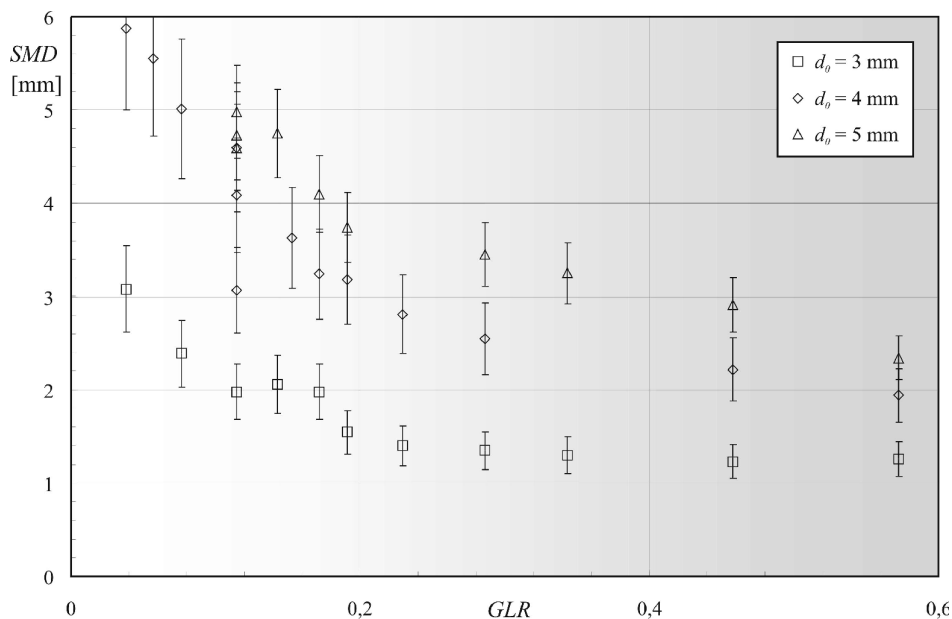
Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy zdjęć wykazano, że na wielkość powstających kropli istotny wpływ mają: natężenia przepływu mediów, konstrukcja atomizera i lepkość cieczy. Im większe jest natężenie przepływu gazu, tym krople mają mniejsze średnice, natomiast wraz ze wzrostem przepływu cieczy wartość średniej objętościowo-powierzchniowej średnicy kropli wzrasta. Im większa jest lepkość rozpylanej cieczy, tym większe powstają krople. Wraz ze wzrostem stężenia polimeru struga cieczy rozpada się coraz trudniej.

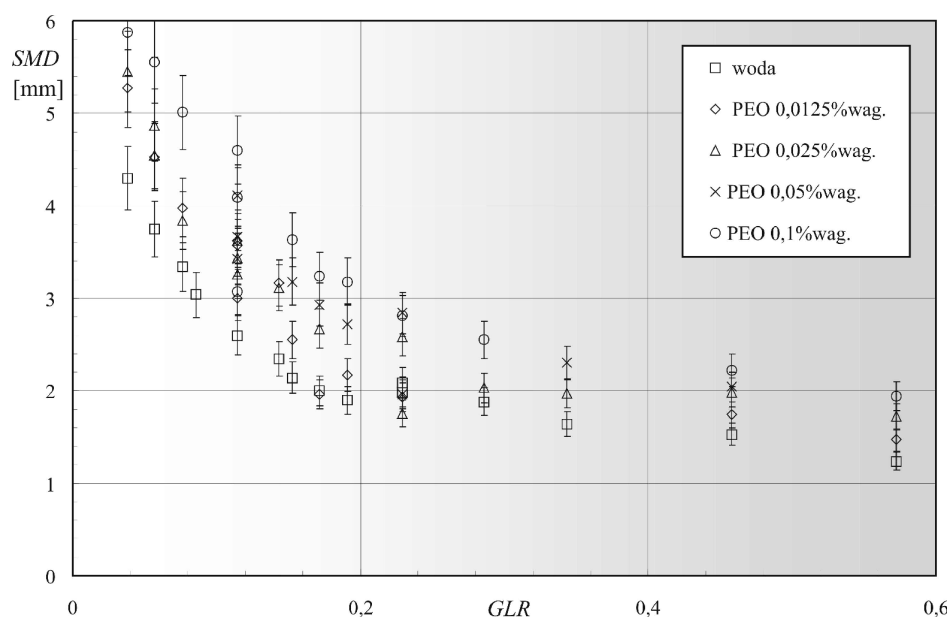
Poprzez zmianę właściwości rozpylanej cieczy możemy sterować wielkością powstających kropli. Jest to niezwykle przydatne w praktyce projektowej procesów wymiany ciepła i masy oraz w zabiegach agrotechnicznych.

LITERATURA

1. S.D. Sovani, P.E. Sojka, A.H. Lefebvre: Prog. Energy Comb. Sci. **27**, 483 (2001).
2. A.H. Lefebvre: Part. Part. Syst. Charact. **13**, 205 (1996).
3. Z. Orzechowski, J. Prywer: Wytwarzanie i zastosowanie rozpylanej cieczy, Warszawa, WNT, 2008.
4. E. Sher, T. Bar-Kohany, A. Rashkovan: Prog. Energy Comb. Sci. **34**, 417 (2008).
5. K. Yuan, L. Chen, C. Wu: J. Thermal Sci. **10**, 331 (2001).
6. C.E. Moore: M.Sc. Thesis, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2003.
7. R.O. Colantonio: J. Eng. Gas Turbines Power **120**, 17 (1998).
8. M. Ochowiak, L. Broniarz-Press: Polish J. Chem. Tech. **10**, 38 (2008).
9. A.H. Lefebvre: Atomization and Sprays, New York, Hemisphere P.C., 1989.
10. H. Zhu, R.W. Dexter, R.D. Fox, D.L. Reichard, R.D. Brazee, H.E. Ozkan: J. Agric. Eng. Res. **67**, 35 (1997).



Rys. 2. Zależność SMD od GLR uzyskana podczas rozpylania roztworu politlenku etylenu o stężeniu 0,1% wag. dla różnych d_0



Rys. 3. Zależność SMD od GLR dla otworu wylotowego $d_0 = 4$ mm