

MAREK OCHOWIAK
LUBOMIRA BRONIARZ-PRESS

Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

Wpływ średnicy dyszy na średnią średnicę kropli w rozpylaczach typu pęcherzykowego

Wprowadzenie

W pracy przebadano rozpylacz typu pęcherzykowego (*Effervescent Atomizer*) z wewnętrznym mieszaniem gazu z cieczą. Należą one, co prawda, do kategorii atomizerów z wewnętrznym mieszaniem, lecz w przeciwieństwie do innych atomizerów dwufazowych, gaz wtryskiwany jest do cieczy przy bardzo niskiej prędkości. Rozpylacz typu pęcherzykowego znacznie lepiej spełnia swoje zadania w porównaniu z rozpylaczami standardowymi (dwufazowymi, ciśnieniowymi), gdyż rozpylane przez nie ciecze charakteryzują się mniejszą średnią średnicą kropeł. Stosowanie rozpylaczy typu pęcherzykowego prowadzi do niższej emisji zanieczyszczeń w silnikach, ponieważ powstają lepiej rozpylone ciecze niż w przypadku tradycyjnych metod rozpylania przy takim samym ciśnieniu wtrysku. Niższe ciśnienie wtrysku może również prowadzić do polepszenia sprawności silnika poprzez zmniejszenie niepożądanych strat. Rozpylacz typu pęcherzykowego zostały zaprojektowane i przetestowane dla różnorodnych zastosowań, między innymi turbin gazowych, produktów konsumenckich oraz silników *Diesla*. Ich zalety i potencjalne zastosowania mogą mieć znaczenie z punktu widzenia ochrony środowiska [1–4].

Część eksperymentalna i wyniki pomiarów

Przedmiotem pracy była analiza eksperymentalna procesu rozpylania wody oraz przedstawienie wpływu średnicy wylotowej rozpylacza na średnią objętościowo-powierzchniową średnicę kropli, której wartości wyznaczano z równania [4,5]:

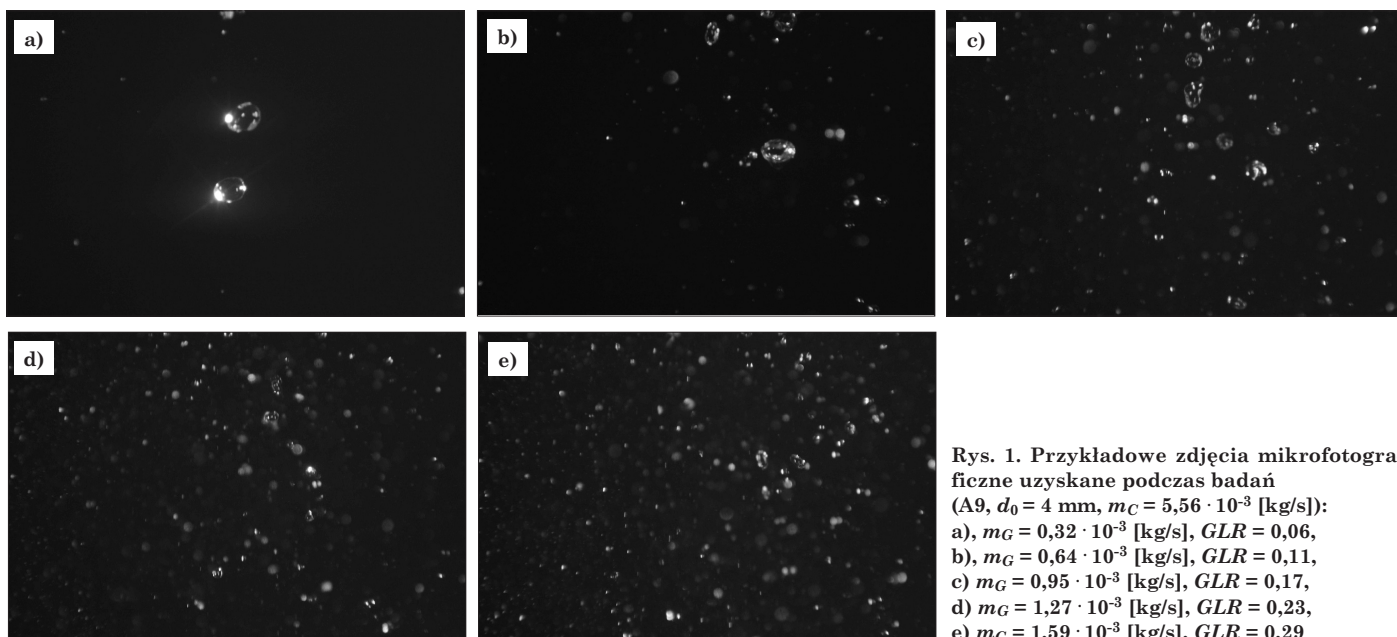
$$SMD = \frac{\sum D^3 \Delta n}{\sum D^2 \Delta n} \quad (1)$$

Uzyskane wyniki badań przedstawiono graficznie w postaci zależności SMD od stosunku masowych natężeń przepływu gazu do cieczy opisanego równaniem [4,5]:

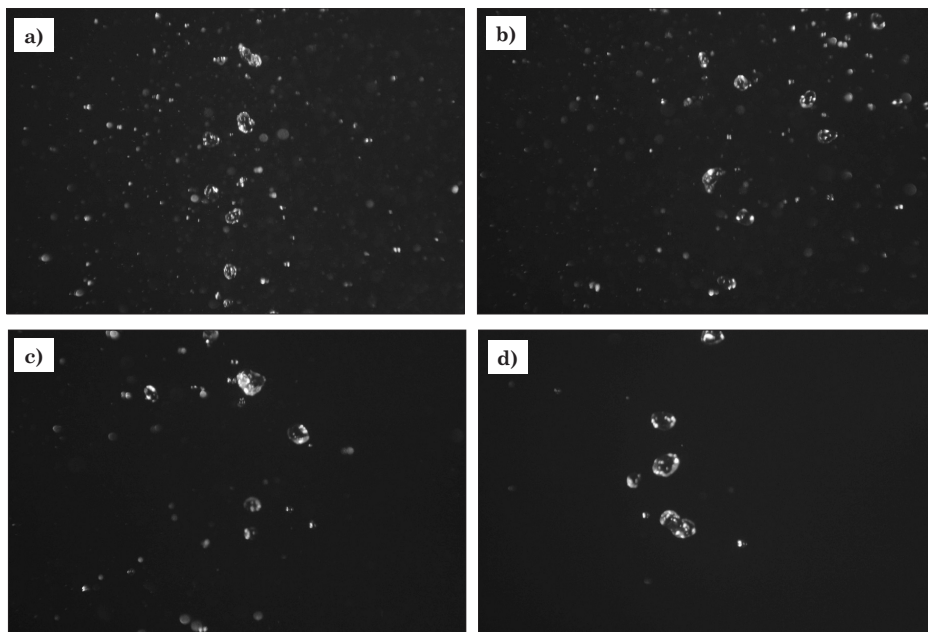
$$GLR = \frac{\dot{m}_G}{\dot{m}_C} \quad (2)$$

W tym celu wykonano serie zdjęć przy różnych natężeniach przepływu badanych cieczy, co odpowiada wartościom GLR od 0,028 do 0,57. Badania wykonano na stanowisku pomiarowym zaopatrzonym w rozpylacz typu pęcherzykowego z dwoma rodzajami aeratorów A1 (20 otworów o średnicy $d_h = 1$ mm) i A9 (9 otworów o średnicy $d_h = 1,5$ mm) opisanych w pracach [5] i [6] z wykorzystaniem metody mikrofotografii cyfrowej. Otrzymane zdjęcia poddano obróbce w programie *Image-Pro Plus* firmy *MediaCybernetics Inc.* Analiza procesu rozpylania obejmowała dwa elementy: wizualizację struktury rozpylonej cieczy oraz ocenę statystyczną.

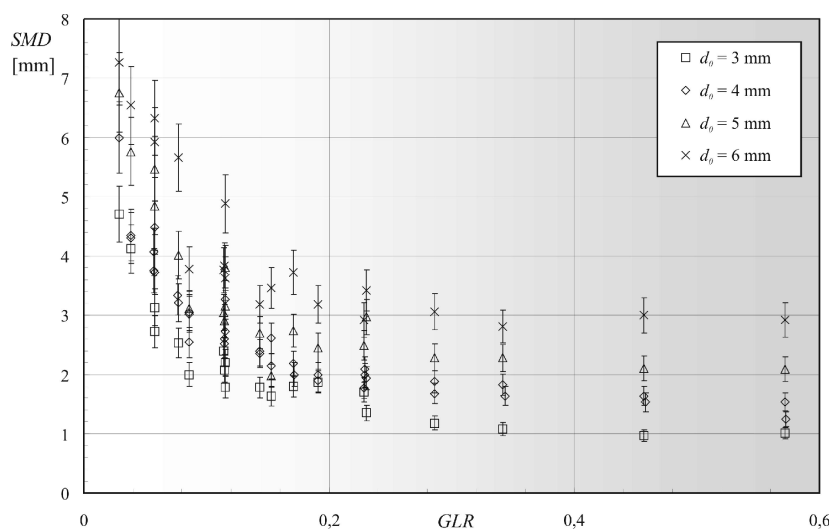
Na rys. 1 przedstawiono zdjęcia wykonane przy stałym masowym natężeniu przepływu cieczy równym $m_C = 5,56 \cdot 10^{-3}$ [kg/s] i zmiennych masowych natężeniach przepływu gazu w zakresie od $m_G = 0,32 \cdot 10^{-3}$ [kg/s] do $m_G = 1,59 \cdot 10^{-3}$ [kg/s]. Przy najmniejszym natężeniu przepływu gazu (Rys. 1a) widać, że opadające krople są podobnej średnicy, ale znacznie większe od średnic kropeł pokazanych na rys. 1b–e. Krople te opadają jedna po drugiej, mniej więcej w równych odległościach od siebie. Z kolei z rys. 1d i 1e, wynika, że przy większych masowych natężeniach przepływu gazu średnice kropeł są znacz-



Rys. 1. Przykładowe zdjęcia mikrofotograficzne uzyskane podczas badań (A9, $d_0 = 4$ mm, $m_C = 5,56 \cdot 10^{-3}$ [kg/s]):
a), $m_G = 0,32 \cdot 10^{-3}$ [kg/s], $GLR = 0,06$,
b), $m_G = 0,64 \cdot 10^{-3}$ [kg/s], $GLR = 0,11$,
c), $m_G = 0,95 \cdot 10^{-3}$ [kg/s], $GLR = 0,17$,
d), $m_G = 1,27 \cdot 10^{-3}$ [kg/s], $GLR = 0,23$,
e), $m_G = 1,59 \cdot 10^{-3}$ [kg/s], $GLR = 0,29$



Rys. 2. Zdjęcia uzyskane podczas badań ($A1$, $m_C = 5,56 \cdot 10^{-3}$ [kg/s], $m_G = 0,95 \cdot 10^{-3}$ [kg/s], $GLR = 0,17$): a) $d_0 = 3$ mm, b) $d_0 = 4$ mm, c) $d_0 = 5$ mm, d) $d_0 = 6$ mm



Rys. 3. Zależność SMD od GLR uzyskana dla wody rozpylanej w rozpylaczu z aeratorem typu A9 o różnych średnicach d_0

nie mniejsze. Krople są bardziej rozproszone i rozmieszczone w przestrzeni w sposób nieuporządkowany. Ich kształt w większości przypadków jest kulisty. Można zatem stwierdzić, że w przebadanym zakresie pomiarów wraz ze wzrostem masowego natężenia przepływu gazu rozmiar kropelek maleje, a rozpylanie staje się coraz bardziej wydajne. W przypadku wzrastającego natężenia przepływu cieczy rozmiar kropelek staje się regularny, a odległości między nimi podobne. Krople dążą do utworzenia zwartej strugi. Ze wzrostem masowego natężenia przepływu cieczy rozmiar kropelek rośnie. Wykazano, że w przypadku rozpylania z wykorzystaniem rozpylacza typu pęcherzykowego na przebieg procesu ma duży wpływ wartość wzajemnego stosunku masowego natężenia przepływu gazu do masowego natężenia przepływu cieczy (GLR). Na rys. 2 przedstawiono zdjęcia rozpylanej cieczy przy zadanych masowych natężeniach przepływu gazu $m_G = 0,95 \cdot 10^{-3}$ [kg/s] i cieczy $m_C = 5,56 \cdot 10^{-3}$ [kg/s] uzyskane dla różnych wartości średnic otworów wylotowych dyszy. Z rys. 2a wynika, że przy najmniejszej średnicy otworu wylotowego $d_0 = 3$ mm krople są

niewielkich rozmiarów w porównaniu z obserwowanymi na kolejnych obrazach (Rys. 2b–d), a ich rozproszenie jest znaczne. Można zatem stwierdzić, że na proces rozpylania ma wpływ średnica otworu wylotowego dyszy. Ze wzrostem średnicy otworu wzrasta średnica kropelek.

Przykładową zależność SMD od GLR przedstawiono na rys. 3. Wykazano, że ze wzrostem wartości GLR wartość SMD maleje. Zależność ta jest funkcją nieliniową. Wpływ średnicy rozpylacza jest widoczny w całym przebadanym zakresie wartości GLR i d_0 . Im większa jest średnica otworu wylotowego, tym większa wartość SMD . Wykazano również, że średnica otworu wylotowego i wartość GLR decydują o jakości rozpylania. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że na jakość rozpylania ma wpływ charakter przepływu wewnętrznego, który jest dużo bardziej złożony, niż w przypadku większości dysz z przepływem jedno- lub dwufazowym. Dochodzi tu do mieszania wewnętrznego cieczy i gazu oraz do ewolucji mieszaniny dwufazowej przepływającej przez rozpylacz.

Wyniki badań wykazały również, że na uzyskiwaną wartość SMD ma wpływ konstrukcja aeratora. Ze wzrostem liczby otworów w aeratorze średnica kropelek rozpylanego układu dwufazowego nieznacznie maleje. Konstrukcja aeratora słabiej wpływa na rozpylanie w porównaniu z wpływem średnicy otworu wylotowego rozpylacza.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy zdjęć wykazano, że na średnią objętościowo-powierzchniową średnicę kroplek wielkości powstających kroplek istotny wpływ ma konstrukcja rozpylacza. Na rozmiar kropelek powstających podczas rozpylania w rozpylaczach typu pęcherzykowego mają wpływ masowe natężenia przepływu gazu i cieczy oraz średnica otworu wylotowego. W przebadanych układach niewielki wpływ na wielkość kropelek ma konstrukcja aeratora.

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. A.H. Lefebvre: Atomization and Sprays, New York, Hemisphere P.C., 1989.
5. M. Ochowiak, L. Broniarz-Press: Polish J. Chem. Tech. **10**, 38 (2008).
6. L. Broniarz-Press, M. Ochowiak, S. Woźniowiczki: Int. J. Heat Fluid Flow, praca w recenzjach (2009).