

Dr hab. inż. Krystian Czernek, profesor nadzwyczajny
Katedra Inżynierii Procesowej
Wydział Mechaniczny
Politechnika Opolska

Opole, 20.10.2016 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Włodarczak pt. „Analiza hydrodynamiki w rozpylaczach wirowych”.

Podstawa formalna opracowania recenzji: Niniejszą recenzję opracowano na podstawie Uchwały Rady Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej z dnia 27 września 2016 r. na zlecenie Dziekana Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej dr hab. inż. Krzysztofa Alejskiego, profesora nadzwyczajnego.

Dane ogólne:

Praca została wykonana w Zakładzie Inżynierii i Aparatury Chemicznej Politechniki Poznańskiej pod opieką Pani Promotor prof. dr hab. inż. Lubomiry Broniarz-Pess.

Rozprawa została przedstawiona w postaci rękopisu wykonanego komputerowo i oprawionego. Praca składa się z 208 stron, co w opinii recenzenta jest nieco zawyżoną wartością. Podzielona została na 8 rozdziałów oraz streszczenie i aneks. Układ rozdziałów jest właściwy i logiczny. Spis cytowanej literatury zawiera 188 pozycji. Literatura obejmuje pozycje klasyczne (około 30%) oraz niedawno opublikowane. Ponad 125 pozycji opublikowano po 2000 roku. Liczba cytowanych prac świadczy o dobrym rozeznaniu Autorki w dyscyplinie, którą uprawia. Brak numeracji pozycji literaturowych utrudnia jednak lekturę pracy, która jest napisana poprawnym językiem z niewielką liczbą usterek stylistycznych i redakcyjnych.

Tytuł rozprawy doskonale oddaje jej zawartość. Autorka przedstawia w niej wyniki badań oraz analizę wpływu wymiarów geometrycznych i właściwości cieczy na wartość współczynnika wpływu, kąta rozpylania i średniej średnicy kropli dla rozpylaczy wirowych.

Zawartość pracy:

Rozprawa zawiera stronę tytułową, za którą zostały zamieszczone podziękowania. W dalszej kolejności zamieszczono spis treści i wykaz stosowanych oznaczeń.

Pierwszy rozdział zatytułowany: „Wprowadzenie i cel pracy” wprowadza czytelnika do tematu rozpylania cieczy. Autorka wskazuje w nim na ważność wybranego problemu, szczególnie gdy wykorzystywane są do tego celu rozpylacze wirowe. Formułuje cel pracy, jakim jest analiza hydrodynamiki w rozpylaczach wirowych. Przedstawia zalety tego typu rozwiązania konstrukcyjnego, podkreślając jednocześnie problemy z jakimi borykają się inżynierowie przy ich projektowaniu. Wskazuje na konieczność przeprowadzania żmudnych badań doświadczalnych w przypadku wprowadzania na rynek nowych konstrukcji rozpylaczy.

Rozdział drugi zatytułowany: „Podstawy teoretyczne zagadnienia” podzielony został na cztery podrozdziały. W podrozdziale 2.1 odnaleźć można informacje nt. rozpylania cieczy. Omówiono w nim metody wytwarzania aerozoli oraz scharakteryzowano w syntetyczny sposób rodzaje rozpylaczy. Podrozdział 2.2 przedstawia mechanizm powstawania aerozolu w rozpylaczach wirowych. Autorka przedstawia szczegółowo również ich przemysłowe zastosowanie. Wskazuje na ich szerokie stosowanie w mechanice samochodowej, procesach suszenia i nawilżania oraz chłodzenia czy też możliwość stosowania tego rodzaju rozpylaczy w rolnictwie np. do ochrony roślin. Przedstawione w tej części pracy informacje pozwalają na zrozumienie mechanizmów powstawania kropeł poprzez rozpad strugi cieczy w rozpylaczu oraz umożliwiają wybór właściwego rozwiązania konstrukcyjnego, które przy zachowaniu odpowiednich warunków pozwala realizować proces optymalnie. W podrozdziale 2.3 dokonano charakterystyki rozpylaczy wirowych pod kątem ich rozwiązań konstrukcyjnych. Obszerny przegląd literatury w tym obszarze świadczy o szczegółowej analizie problemu przeprowadzonej przez Doktorantkę. Wskazane zostały możliwości modyfikacji poszczególnych wariantów i ich wpływ na proces rozpylania. Przeprowadzona analiza pozwala w zależności od warunków procesowych na wybór najkorzystniejszego rozwiązania konstrukcyjnego. Podrozdział 2.4 zawiera informacje na temat wpływu wymiarów geometrycznych na charakterystykę powstającego aerozolu.

W rozdziale trzecim określono wpływ właściwości cieczy i warunków operacyjnych na proces rozpylania. Zauważono, że najistotniejszymi właściwościami cieczy wpływającymi na przebieg procesu rozpylania są gęstość, napięcie powierzchniowe oraz lepkość. Wpływ gęstości na proces rozpadu cieczy określono jako nieznaczny, choć wzrost tego parametru pozwala na uzyskanie kropeł o mniejszych rozmiarach. Napięcie powierzchniowe wpływa na

wartość średniej średnicy Sautera. Najistotniejszy wpływ na proces rozpylania ma jednak lepkość cieczy i jest on bezpośrednio uzależniony od jej wartości. Przy niewielkiej lepkości jest on mały lecz zwiększa się znacząco dla cieczy o dużych wartościach dynamicznego współczynnika lepkości. Autorka potwierdza również, że dla tworzenia się wiru i całego procesu rozpylania ważne znaczenie ma także ciśnienie otoczenia, ciśnienie wtrysku oraz ciśnienie panujące wewnątrz rozpylacza i temperatura rozpylanej cieczy.

Rozdział czwarty zatytułowany „Parametry rozpylonej strugi” podzielony jest na trzy części, w których Doktorantka wskazuje na wpływ współczynnika wypływu, kąta rozpylania oraz średniej średnicy kropli na pracę rozpylacza wirowego.

W rozdziale piątym omówiono szczegółowo badania eksperymentalne. Pierwszy z trzech podrozdziałów opisuje stanowisko badawcze służące do rozpylania cieczy. W obszernych badaniach wykorzystano aż 10 rodzajów rozpylaczy o różnej konstrukcji, dla których w tabelach 5.1 i 5.2 przedstawiono najważniejsze parametry geometryczne. Rejestracji fotograficznej procesu rozpylania dokonano przy użyciu profesjonalnego aparatu cyfrowego Canon EOS-1D Mark III umożliwiającego rejestracje w serii 110 zdjęć z prędkością 10 klatek na sekundę przy rozdzielczości 10 megapikseli. Aparat wyposażono w obiektyw umożliwiający stabilną rejestrację rozpylonej strugi. W celu odpowiedniego oświetlenia obiektu badań zastosowano stroboskopową lampę co pozwoliło skrócić czas rejestracji do 1/100000 s. Właściwości cieczy określano za pomocą rotametrów rotacyjnego i wzłużnego oraz tensjometrów. W podrozdziale 5.2 omówiono metodykę analizy obrazu w programie Image-Pro Plus. Analiza ta miała na celu wyznaczenie kąta rozpylania i średnicy kropli. Podrozdział 5.3 zawiera informacje nt. stosowanych w badaniach cieczy. Podano w nim właściwości badanych roztworów przedstawiając je w bardzo czytelny sposób w tabeli 5.3.

Zastosowanie do badań nowoczesnej aparatury wspomaganą komputerowo, pozwoliło Autorce w rozdziale szóstym, który uważam za najważniejszy, dokonać analizy uzyskanych wyników. Przy jego opracowaniu wykazała się Ona niezbędną wiedzą i umiejętnością twórczego prowadzenia badań. W podrozdziale 6.1 dokonano analizy właściwości reologicznych badanych cieczy. W sposób bardzo szczegółowy określono wpływ szybkości ścinania na lepkość cieczy dla wodnych roztworów gliceryny o różnym stężeniu oraz wodnych roztworów Rokrysolu i wodnych roztworów gliceryny z dodatkiem Rokrysolu. Tę samą właściwość zbadano dla wodnych roztworów soli sodowej karboksymetylocelulozy. Analogicznie określono wpływ szybkości rozciągania na lepkość wzłużną dla tych samych substancji. W podrozdziale 6.2 dokonano analizy współczynnika wypływu i określono wpływ

konstrukcji rozpylacza na jego wartość. Podrozdział 6.3 opisuje analizę kąta rozpylania, 6.4 analizę rozkładów średnic kropeł, a 6.5 analizę średniej średnicy kropli. Zaproponowane w tej części pracy równania korelacyjne, wiążą konstrukcję rozpylacza, właściwości cieczy oraz warunki przepływu i mogą być przydatne w projektowaniu rozpylaczy i określaniu zakresu ich pracy. Szczególnie istotne dla konstruktora wydaje się być równanie 6.1 na współczynnik wypływu dla rozpylaczy o cylindrycznej komorze wirowej oraz z cylindrycznymi, stożkowymi i profilowanymi otworami wylotowymi. Godnym polecenia do obliczeń konstrukcyjnych jest również równanie 6.2, które pozwala wyznaczyć współczynnik wypływu dla rozpylaczy o stożkowej komorze wirowej oraz prostopadłym i kątowym usytuowaniu króćca wlotowego. Dla tych samych rozwiązań konstrukcyjnych równania korelacyjne 6.3 i 6.4 pozwalają określić kąt rozpylania. Równania korelacyjne opisujące średnią średnicę Sautera przedstawiono w postaci równań 6.5 i 6.6. Dokładność obliczeń z wykorzystaniem wymienionych zależności mieści się w przedziale błędów $\pm 20-35\%$.

Na podstawie uzyskanych wyników Autorka osiągnęła cel pracy jakim była analiza hydrodynamiki w rozpylaczach wirowych.

Rozdział siódmy zawiera podsumowanie kończące merytoryczną część rozprawy. Dokonano w nim syntetycznej rekapitulacji osiągniętych wyników.

Uwagi dyskusyjne dotyczące pracy:

- 1) Dlaczego do określenia wielkości kropli posłużono się średnią objętościowo-powierzchniową średnicą kropli? W literaturze przedmiotu występują także inne średnice zastępcze D_{10} czy też D_{30} .
- 2) Jaka była metodyka wyznaczania wartości współczynnika wypływu? W którym miejscu mierzono wartość spadków ciśnienia?
- 3) Jakiej klasy dokładności były rotametry cieczowe oraz tensjometr K9?

Uwagi redakcyjne:

- 1) Str. 11 akapit pierwszy „Paliwa w postaci aerozolu produkowane są w piecach oraz silnikach w celu...” Błąd stylistyczny. Powinno być raczej „Paliwa w postaci aerozolu dostarczane są do pieca oraz silnika w celu wytworzenia mieszanin paropowietrze...”.
- 2) Str. 111 rys. 6.10, str. 112 rys. 6.11, str. 115 rys. 6.13 oraz str. 118 rys. 6.17 – zbyt duża ilość danych pomiarowych utrudnia ich analizę.

- 3) Str. 131 rys. 6.32, str. 132 rys. 6.33 i 6.34 oraz str. 133 rys. 6.35 – zbyt duża ilość danych pomiarowych utrudnia ich analizę.
- 4) Brak skali przedstawiającej wielkość kropeł utrudnia interpretację rys. 6.22 str. 124, 6.23-6.25 str. 125 oraz 6.26-6.28 str. 127, a także 6.29-6.30 str. 128 i 6.31 str. 130
- 5) Podpis pod rys. 6.43 „Rozkład wielkości wody...” Błąd stylistyczny. Powinno być „Rozkład wielkości kropeł wody...”.
- 6) Str. 143 wiersz trzeci od dołu strony „liczby krople”. Błąd redakcyjny. Powinno być „liczby kropeł”.

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny lub są drobnymi niedociągnięciami. Nie obniżają mojej zdecydowanie pozytywnej oceny recenzowanej pracy.

Podsumowanie i wniosek końcowy:

Uwzględniając aktualność podjętej tematyki rozprawy, trafność zdefiniowanego celu, użycie oryginalnego aparatu badawczego oraz poprawność wnioskowania, pozytywnie oceniam rozprawę doktorską pt. „Analiza hydrodynamiki w rozpylaczach wirowych”. Potwierdzają one, że mgr inż. Sylwia Włodarczak posiada wiedzę teoretyczną i praktyczną niezbędną do prowadzenia badań eksperymentalnych oraz ich analizy.

Stwierdzam, że opiniowana praca doktorska pt. „Analiza hydrodynamiki w rozpylaczach wirowych”, której autorką jest mgr inż. Sylwia Włodarczak spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w rozumieniu Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. z późn. zm. i na tej podstawie rekomenduję Radzie Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej dopuszczenie jej do publicznej obrony w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Technologia chemiczna.

Krystian Czernek

