

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
pt. „Modyfikacje powierzchni włókniny filtracyjnej
stosowanej do separacji rozproszonych zanieczyszczeń ciekłych”

promotor: dr hab. inż. Andrzej Krasieński, prof. PW

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest opracowanie i wykonanie modyfikacji powierzchniowych materiału filtracyjnego przeznaczonego do separacji rozproszonych kropeł wody z oleju napędowego. Celem modyfikacji jest uzyskanie materiału o właściwościach hydrofobowych wykazującego jednocześnie niską adhezję kropeł wody do powierzchni, co wpływa na wzrost zdolności materiału do samooczyszczania się. Połączenie odpowiedniej struktury materiału oraz jej właściwości powierzchniowych zapewnia długotrwałą i skuteczną pracę separatorów w warunkach „obciążenia” rozproszoną fazą wodną, co udowodniono w doświadczalnej części pracy.

W części literaturowej pracy przedstawiono krótki opis procesów rozdzielania układów ciecz/ciecz, uwzględniając opis działania przegrody separacyjnej, do której należy zaliczyć filtry oleju napędowego. Wskazano obserwowane trudności w obszarze filtracji paliw oraz istotne parametry, nie ujęte w typowej specyfikacji materiałów filtracyjnych, które są decydujące z punktu widzenia sprawnej pracy filtra. W dalszej części został przedstawiony opis oddziaływań zachodzących między kroplą a powierzchnią, a także stosowane w literaturze podejścia doświadczalne i modelowe stosowane do pomiaru, opisu i/lub odwzorowania siły adhezji kropli do powierzchni. Dokonano również przeglądu literaturowego modyfikacji powierzchniowych wpływających na skład chemiczny oraz morfologię powierzchni, które umożliwiają uzyskanie materiałów o wysokiej hydrofobowości i niskiej adhezji wody do powierzchni.

W części doświadczalnej pracy zaproponowano trzy metody modyfikacji powierzchniowej oraz przedstawiono wyniki oceny ich właściwości powierzchniowych. Ocenę przeprowadzono z wykorzystaniem kątów zwilżania i ześlizgu kropli wody. W kolejnym kroku zweryfikowano skuteczność działania zmodyfikowanych powierzchniowo materiałów filtracyjnych w procesie separacji rozproszonych kropeł wody z oleju napędowego. Wyniki zostały porównane z wynikami otrzymanymi dla materiału referencyjnego, bez modyfikacji powierzchniowej. Zbadano wpływ parametrów operacyjnych takich jak prędkość pozorna przepływu, stężenie wlotowe wody, średnia wielkość kropeł wody na wlocie na sprawność procesu separacji. Wyniki testów pokazały, że materiał separacyjny pokryty powierzchniowo oktadecyltrichlorosilanem (OTS) wykazuje najwyższą sprawność separacji wody z oleju napędowego w porównaniu z materiałem referencyjnym oraz innymi zaproponowanymi w pracy modyfikowanymi materiałami. Korzystny wpływ modyfikacji został zaobserwowany poprzez wydłużenie czasu pracy oraz

niższe spadki ciśnienia materiału filtracyjnego we wszystkich zbadanych warunkach prowadzenia procesu filtracji oleju napędowego. Ponadto, filtr modyfikowany OTS pracował niezawodnie w warunkach rosnącego stężenia wody na wlocie z niewielkim przyrostem spadku ciśnienia w czasie testu, co potwierdziło jego wysoką zdolność do samooczyszczania się, wynikającą z niskiej adhezji kropeł wody do powierzchni. Materiał ten poddano analizie porównawczej z dwoma komercyjnymi filtrami dedykowanymi do tego samego zastosowania.

Ponadto, w ramach pracy zaproponowano własny opis matematyczny odwzorowujący zachowanie pojedynczej kropli wody na hydrofobowej powierzchni poddanej działaniu siły zewnętrznej. Na podstawie obserwacji i danych z pomiarów doświadczalnych w opisie tym wyróżniono etap pseudo-statyczny, w którym zmienność wartości kątów pseudo-statycznych postępującego i cofającego następowała dla stałego położenia linii kontaktu trzech faz (kropla unieruchomiona, ale ulegająca deformacji). Drugi etap opisu obejmował przemieszczanie się linii kontaktu, dla którego przedstawione zostały literaturowe zależności dynamicznych kątów zwilżania. Etapy te przedstawiono w pracy w kontekście warunków brzegowych, które należałoby zastosować podczas modelowania adhezji kropli do powierzchni o ograniczonej zwilżalności z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów.

W pracy zaproponowano sposób wyznaczenia siły działającej na kroplę wody o różnej objętości, potrzebnej do jej przemieszczenia, co w kontekście procesu filtracyjnego determinuje zdolność materiału hydrofobowego do samooczyszczania się z kropeł wody o danej objętości. Uzyskane informacje pozwoliły na sformułowanie wniosków dotyczących wpływu adhezji kropli wody do powierzchni materiału filtracyjnego i jej rozmiarów oraz objętości na oczyszczanie się powierzchni filtra.

Słowa kluczowe: adhezja, dynamiczne kąty zwilżania, filtracja, hydrofobowość, kąt ześlizgu, modyfikacja powierzchni, odwadnianie paliw, statyczny kąt zwilżania