

LEON TRONIEWSKI  
GABRIEL FILIPCZAK  
STANISŁAW WITCZAK

Wydział Mechaniczny, Politechnika Opolska, Opole

# Fenomenologiczna ocena tworzenia się struktur wodno-olejowych podczas wrzenia w objętości

## Wprowadzenie

Proces wrzenia dwufazowej mieszaniny wodno-olejowej występuje w przemyśle znacznie rzadziej niż wrzenie mieszaniny jednorodnej. Jednakże w przypadku technologii związanych z przeróbką surowych ciecży węgl- i ropopochodnych oraz przetwarzaniem zawadzionych odpadów olejowych, a także w chłodnictwie, proces ten pojawia się dość często. Pomimo wielokrotnie podejmowanych prób, z uwagi na bardzo złożony charakter tego procesu [1–8]n występuje wciąż duża luka w wiedzy, a w literaturze przedmiotu niedosyt prac, które przyczyniałyby się do wyjaśnienia wielu występujących w procesie wrzenia układów wodno-olejowych osobliwości.

W niniejszej pracy wychodzi się naprzeciw tym oczekiwaniom. Wskazano na nowe uzupełnienia w tym obszarze oraz podjęto próbę powiązania warunków procesowych z fenomenologiczną oceną tworzenia się struktur podczas wrzenia w objętości mieszanin wodno-olejowych z udziałem olejów o gęstości mniejszej i większej od wody. Dokonano też oceny tego procesu pod kątem osobliwości rzutuujących na warunki wymiany ciepła.

## Fenomenologiczna ocena zjawisk procesowych

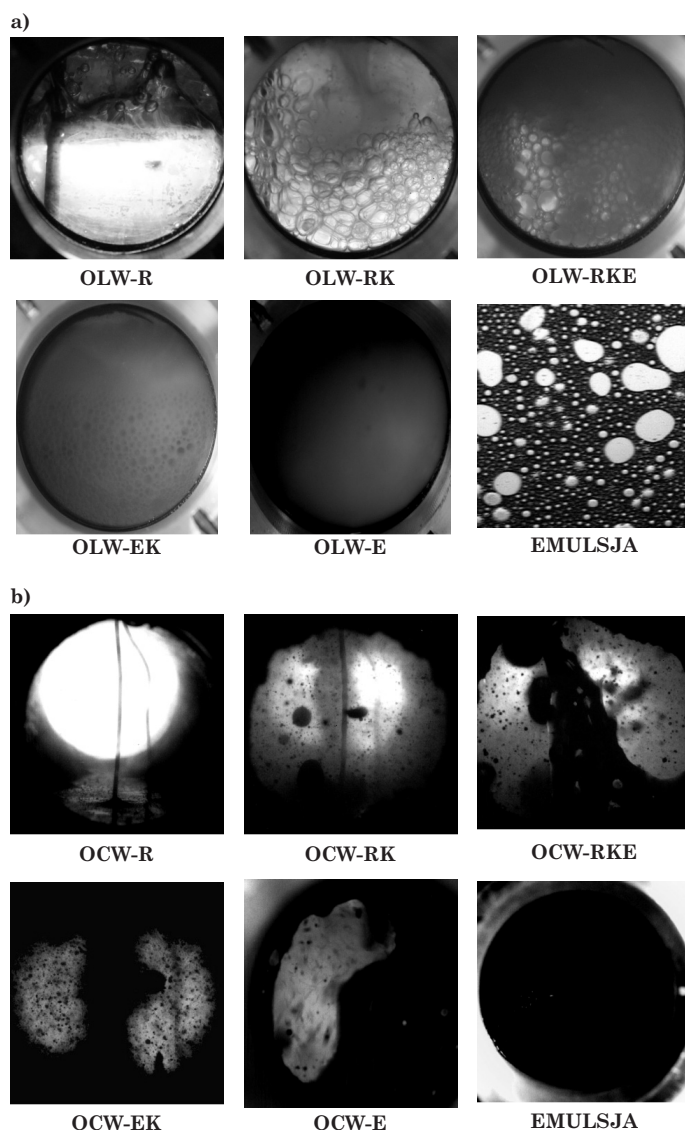
Badania związane z wrzeniem mieszanin wodno-olejowych prowadzono dla dwóch odmiennych pod względem właściwości składników mieszaniny układów, a mianowicie:

- woda-olej *Iterm 12*, o gęstości mniejszej od gęstości wody (ozn. OLW),
- woda-olej antracenyowy, o gęstości większej od gęstości wody (OCW).

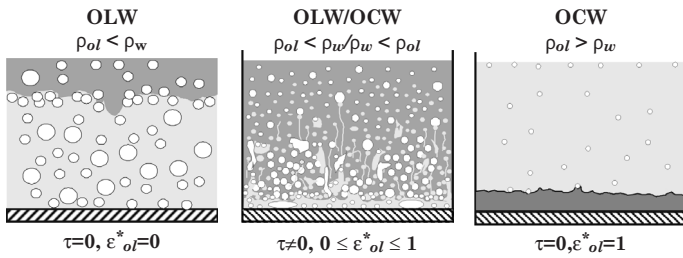
W obu przypadkach badania były prowadzone na tym samym stanowisku, którego opis znaleźć można m.in. w pracach [4, 5, 7]. Badania prowadzono zarówno pod kątem oceny warunków wymiany ciepła jak i identyfikacji towarzyszących im zjawisk, ze szczególnym uwzględnieniem stanu zachowania się mieszanin wodno-olejowych podczas tego procesu.

Zaobserwowane i zarejestrowane w trakcie badań przykładowe struktury wrzających mieszanin wodno-olejowych, odpowiednio dla układu typu OLW oraz OCW, zilustrowano na rys. 1. W ogólnym ujęciu są to struktury niejednorodne, o wyraźnie dostrzegalnej granicy faz, jakkolwiek o różnym stopniu rozwarstwienia cieczy (np. OLW-R/RK oraz OCW-R/RK), oraz struktury quasi-jednorodne, często o cechach układu emulsyjnego (OLW-EK/E, OCW-EK/E itp.). Stwierdzono, że dla stałej wartości całkowitego udziału oleju w mieszaninie ( $\epsilon_0 = const$ ), tworzenie się poszczególnych struktur zależy zarówno od czasu trwania procesu jak i gęstości strumienia ciepła ( $q$ ). Struktury niejednorodne występują głównie w po-

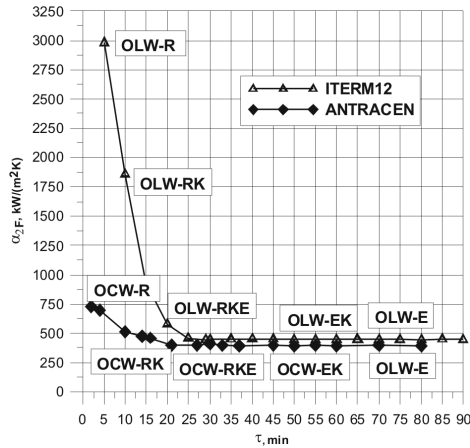
czątkowym okresie wrzenia i przy stosunkowo niskim obciążeniu cieplnym powierzchni grzejnej. Z kolei struktury quasi-jednorodne pojawiają się głównie przy wyższych wartościach  $q$  i  $\epsilon_0$  – w zależności od warunków początkowych, po (5–30) minutach trwania procesu wrzenia. W tym ostatnim przypad-



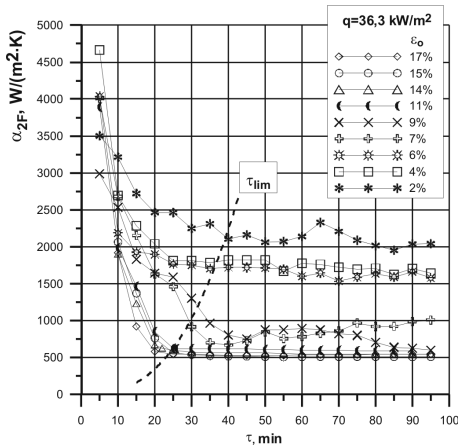
Rys. 1. Struktury i formy wrzenia mieszanin wodno-olejowych z udziałem oleju o gęstości mniejszej (a) i większej (b) od wody; R – rozwarstwiona (falowanie granicy faz); RK – rozwarstwiono-kropłowa (rozbijanie warstwy olejowej i tworzenie się kropeł oleju); RKE – rozwarstwiono-kropłowa i emulsja (rozbijanie kropeł oleju, wytwarzanie się emulsji); EK – emulsja dynamiczna kropłowa (rozpraszanie fazy olejowej; E – emulsja wodna-olejowa (dalsze rozpraszanie faz i tworzenie się emulsji trwałej)



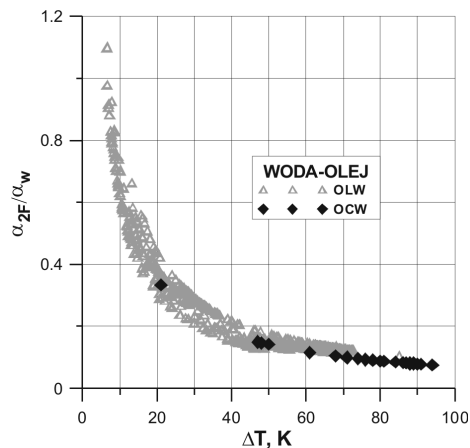
Rys. 2. Rozkład faz we wrzącej mieszaninie wodno-olejowej dla stanów początkowych ( $\tau = 0$ ) oraz w trakcie procesu ( $\tau \neq 0$ )



Rys. 3. Charakterystyka warunków procesowych



Rys. 4. Charakterystyka wrzenia mieszaniny woda – olej Item 12



Rys. 5. Efekt tłumienia wnikania ciepła

ku regułą jest też tworzenie się stabilnej emulsji (często w całej objętości) i to niezależnie od relacji gęstości oleju względem wody.

Cechą charakterystyczną wrzenia mieszanin wodno-olejowych jest to, że bez względu na rodzaj układu i formę struktur, o warunkach wnikania ciepła decyduje przede wszystkim koncentracja oleju w warstwie cieczy przy powierzchni grzejnej ( $\epsilon_{ol}^*$ ), co schematycznie przedstawiono na rys. 2. Dla stanu początkowego ( $\tau = 0$ ), przy charakterystycznym dla układu OLW braku fazy olejowej w tej warstwie zachodzi  $\epsilon_{ol}^* = 0$ , a mechanizm wnikania ciepła opisuje współczynnik  $\alpha_{2F} = \alpha_w$ . Natomiast dla  $\epsilon_{ol}^* = 1$ , co jest przypadkiem typowym dla układu OCW, całą tę warstwę (w stanie początkowym) stanowi olej i wówczas  $\alpha_{2F} = \alpha_{ol}$ . Dla struktur bardziej rozwiniętych, kiedy to  $0 < \epsilon_{ol}^* < 1$ , warunki wnikania ciepła stają się zmienne, a skala tych zmian zależy od rodzaju układu, całkowitego udziału oleju w mieszaninie oraz formy tworzących się struktur wodno-olejowych, jak to zobrazowano na rys. 3 i rys. 4.

W każdym jednak przypadku (Rys. 4), wzrost udziału oleju w mieszaninie przyczynia się do obniżenia efektywności wnikania ciepła. Można przy tym wyznaczyć pewien procesowy zakres czasu ( $\tau_{lim}$ ), powyżej którego warunki procesowe stabilizują się, a ściślej – opór cieplny warstwy cieczy przylegającej do powierzchni grzejnej nie ulega istotnej zmianie. Wynikający z takich warunków efekt tłumienia współczynnika wnikania ciepła ( $\alpha_{2F}/\alpha_w$ ) dla wrzenia wody w obecności różnych jakościowo olejów przedstawiono na rys. 5; wartości  $\alpha_w$  przyjęto przy tym określać ze skorygowanego równania Forstera-Zubera, postaci  $\alpha_w = 3,15q^{0,7}$ .

### Podsumowanie

Stwierdzono, że podczas wrzenia mieszanin wodno-olejowych występować mogą różne struktury, które w zależności od czasu trwania procesu oraz właściwości mieszaniny mogą mieć zarówno charakter rozwarstwiony (o różnym stopniu zdyspergowania faz) jak i postać trwałej emulsji. W zakresie występowania struktur rozwarstwionych wrzenie jest procesem nieustalonym, a rozwój struktur prowadzi do efektu tłumienia warunków wnikania ciepła. Z kolei w obszarze trwałej emulsji wodno-olejowej, warunki wnikania ciepła ulegają stabilizacji i nie zależą od czasu trwania procesu oraz charakteru emulsji.

### LITERATURA

1. M.K. Jensen, D.L. Jackman: Journal of Heat Transfer **106**, 184 (1984).
2. S.B. Memory, G. Mertsch, P.J. Marto: Heat Transfer with Alternate Refrigerants, HDT ASME, **243**, 9 (1993).
3. R.W. Alperi, R.D. Mitchell: AIChE Journal **30**, nr 6, 1028 (1984).
4. K. Januś: Wrzenie mieszanin niejednorodnych typu woda-olej, Praca doktorska, Politechnika Opolska, Opole, 2006.
5. L. Troniewski, S. Witczak, G. Filipczak, J. Trembacz: Wrzenie mieszaniny cieczy wzajemnie nierozpuszczalnych, Raport 3.T09C.079.14, Politechnika Opolska, Opole, 2001.
6. G. Filipczak: Archives of Thermodynamics **18**, nr 1-2, 73 (1997).
7. L. Troniewski, S. Witczak, G. Filipczak, J. Trembacz: Inż. Chem. Proc. **24**, 193 (2003).
8. L. Troniewski, S. Witczak, G. Filipczak, J. Trembacz: Inż. Chem. Proc. **24**, 207 (2003).