

Warszawa, dn. 31.01.2023 r.

mgr inż Jakub Bachanek

Streszczenie rozprawy doktorskiej nt.:

„Experimental and numerical study on direct-injection sprays formed under flash-boiling conditions”

Gwałtowne wrzenie (z ang. flash boiling) jest szeroko znanym zjawiskiem prowadzącym do powstawania pary wewnątrz cieczy oraz intensywnego odparowania na jej powierzchni. Pomimo długotrwałego zainteresowania zarówno od strony naukowej, jak i aplikacyjnej, gwałtowna natura tego zjawiska wciąż wymaga głębszego zrozumienia jej mechanizmów fizycznych. Ponieważ gwałtowne wrzenie może potencjalnie doprowadzić do poprawy rozpylenia cieczy, można dostrzec mocny nacisk na badania wtrysku przegrzanej cieczy. Lepsza jakość rozpylenia paliwa ułatwia osiągnięcie lepszej mieszanki z powietrzem, co prowadzi następnie do lepszego spalania, a co za tym idzie obniżonego zużycia paliwa oraz niższych emisji spalin.

Przeprowadzono różne prace eksperymentalne pozwalające na znalezienie parametrów opisujących poszczególne aspekty gwałtownego wrzenia. Zarówno badania jakościowe, jak i ilościowe, wnoszą coraz więcej informacji o potencjalnych korzyściach i ewentualnych ryzykach osiągnięcia stanu przegrzanego wtryskiwanej cieczy. Jednak złożoność zjawisk i ich bardzo mała skala czasowa często powstrzymują przed wprowadzeniem uproszczeń mających na celu otrzymanie uniwersalnego podejścia do predykcji wpływu gwałtownego wrzenia na formowanie strugi rozpylonego paliwa. Obok prac eksperymentalnych podjęto także próby tworzenia modeli numerycznych. Wychodząc od klasycznej teorii zarodkowania, zaproponowano wiele podejść i modeli o różnej aplikacyjności. Początkowe modele jednowymiarowe pozwalały na określanie generowania pary, późniejsze symulacje wielofazowe 3D przyniosły informacje często trudne do obserwacji w eksperymentach. Jednak w symulacjach CFD w wielu przypadkach trwa ciągła walka o osiągnięcie kompromisu pomiędzy dokładnością a szybkością obliczeń. Z powodu powszechnego stosowania wtrysku w silnikach spalinowych, szeroko używany jest lagranżowski model kropli dyskretnej (z ang. DDM). Niestety, stochastyczne podejście modelu DDM stawia wyzwania przy próbach implementacji złożonych i gwałtownych mechanizmów dominujących w przypadku wtrysku w warunkach gwałtownego wrzenia.

Aby osiągnąć prosty, a jednocześnie dokładny model numeryczny, przeprowadzono prace eksperymentalne i numeryczne wtrysku wielopunktowego w warunkach gwałtownego wrzenia. Celem była analiza wpływu zarówno stopnia przegrzania jak i ciśnienia wtrysku na parametry opisujące proces formowania strugi rozpylonego paliwa. Seria eksperymentów pozwoliła określić zasięgi strugi cieczy oraz kąty stożka chmury kropeł. Wykazano, że poszerzenie kąta związane z błyskawicznym parowaniem zmniejsza się ono ze wzrostem ciśnienia wtrysku, co jest związane ze zmianą stosunku pędu osiowego do pędu promieniowego cieczy. Zebrane dane pozwoliły na zaproponowanie empirycznego modelu zmiany kąta strugi w kodzie obliczeniowym CFD. Model numeryczny skalibrowano w oparciu o dostępne dane literaturowe dotyczące redukcji rozmiaru kropli w związku ze zjawiskiem gwałtownego wrzenia. Wyniki pokazały, że model dobrze przewiduje mechanizm zapadania się strug oraz że uwzględniony wpływ ciśnienia jest zauważalny. W przyszłości należy przeprowadzić dokładniejsze badania skupione na redukcji rozmiaru kropeł oraz możliwej kondensacji pary.

Słowa kluczowe: gwałtowne wrzenie, atomizacja, CFD, kąt sprayu, wtrysk wysokociśnieniowy

Jakub Bachanek

Podpis Doktoranta