



Silesian
University
of Technology

DOCTORAL THESIS

Experimental and numerical study on ammonia fueled compression ignition engine

Author:

Ebrahim NADIMI
KARAMJAVAN, MSc.

Supervisor:

Dr hab. inż, Grzegorz
PRZYBYŁA, prof. PŚ

Scientific Discipline: Environmental Engineering, Mining and Energy

Department of Thermal Technology
Faculty of Energy and Environmental Engineering

April, 2024

Author:

Ebrahim Nadimi Karamjavan, MSc.

Silesian University of Technology

Faculty of Energy and Environmental Engineering

Department of Thermal Technology

ul. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice, Poland

e-mails: enadimi@polsl.pl and Ebrahim.nadimi@gmail.com

ORCID: [0000-0003-3338-5288](https://orcid.org/0000-0003-3338-5288)

Supervisor:

Dr hab. inż, Grzegorz Przybyła, prof. PŚ

Professor at Silesian University of Technology

Head of Internal Combustion Engines and Automotive Engineering Laboratory

Faculty of Energy and Environmental Engineering

Department of Thermal Technology

ul. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice, Poland

e-mail: grzegorz.przybyla@polsl.pl

Abstrakt

Amoniak cieszy się obecnie większym zainteresowaniem jako bezemisyjne paliwo alternatywne do silników spalinowych. Stanowi on obiecujący nośnik energii, łatwy w przechowywaniu i transporcie, płynny, o zerowej emisji dwutlenku węgla, co sprawia, że amoniak jest odpowiednim "zielonym" paliwem do dekarbonizacji silników spalinowych i redukcji emisji gazów cieplarnianych. W rozprawie doktorskiej przedstawiono badania, w postaci analiz numerycznych oraz eksperymentalnych, zastosowania amoniaku jako paliwa w zmodyfikowanym silniku jednocylindrowym z zapłonem samoczynnym, w układzie dwupaliwowym, z użyciem paliwa pilotowego. Pierwsza część pracy obejmuje badania eksperymentalne i procedurę wykorzystania amoniaku jako paliwa podstawowego z biodieslem w trybie dwupaliwowym. Jednocylindrowy silnik wysokoprężny został zmodyfikowany tak, by wprowadzać gazowy amoniak do kolektora dolotowego, a następnie wtryskiwać do cylindra dawkę pilotażową biodiesla w celu zainicjowania spalania wstępnie zmieszanej mieszaniny amoniaku i powietrza. Zbadano wpływ różnych masowych natężeń przepływu amoniaku ze stałą dawką biodiesla na pracę silnika i emisje. W kolejnym badaniu zbadano wpływ zastąpienia oleju napędowego gazowym amoniakiem w silniku dwupaliwowym. Zbadano wpływ różnych stosunków amoniaku do oleju napędowego na spalanie, emisje i pracę silnika. Dodatkowo do analizy osiągnięć silnika dwupaliwowego opracowano model 1D. W drugiej części pracy omówiono opracowanie dwóch układów wtryskowych do bezpośredniego wtrysku ciekłego amoniaku i biodiesla w silniku z podwójnym wtryskiem bezpośrednim. Zbadano wpływ udziału energetycznego ciekłego amoniaku. Ponadto zbadano różne ustawienia wtrysku amoniaku w celu poprawy spalania amoniaku/biodiesla i zmniejszenia emisji. Opracowano i zweryfikowano model CFD z danymi eksperymentalnymi w celu zbadania rozpylonego amoniaku, charakterystyki spalania i powstawania emisji. Na koniec zbadano wpływ konfiguracji wtryskiwacza biodiesla i jego liczby dysz. W związku z tym liczba dysz we wtryskiwaczu biodiesla została przekonstruowana przez spawanie w różnych konfiguracjach w celu poprawy wtrysku i wydajności silnika. Ponadto przetestowano różne czasy wtrysku biodiesla w celu określenia optymalnego czasu wtrysku dla biodiesla w dwupaliwowym silniku z wtryskiem bezpośrednim. Główne wyniki wykazały, że maksymalnie 84,2% energii wejściowej może być dostarczone przez gazowy amoniak we wtrysku do portu. Zwiększenie udziału energii amoniaku zmieniło tryb spalania z dyfuzji na spalanie wstępnie zmieszane, co spowodowało krótki czas spalania. Chociaż amoniak znacznie zmniejszył emisję CO_2 , CO i cząstek stałych, zwiększył również emisję NO_x i niespalonego amoniaku (14800 ppm) w strategii wtrysku do portu. Wyniki strategii podwójnego wtrysku bezpośredniego wykazały, że wyższy udział energii amoniaku znacznie obniżył lokalną temperaturę cylindra ze względu na silne efekty chłodzące amoniaku, dlatego osiągnięto maksymalny udział energii amoniaku wynoszący 50%. Bezpośredni wtrysk ciekłego amoniaku zredukował niespalony amoniak o 10813 ppm w porównaniu z wtryskiem do kanału dolotowego. Ponadto optymalny czas wtrysku dla amoniaku i biodiesla określono odpowiednio na -10 i -16 CAD. Wreszcie, ponieważ biodiesel był używany jako paliwo pilotowe o niższej masie wtryskiwanej, zablokowanie trzech dysz oryginalnego wtryskiwacza sześciodyzowego zwiększyło wskazaną wydajność i zmniejszyło emisję CO i NH_3 .