

Eksperymentalne i numeryczne badanie procesu utleniania i redukcji paliwowych związków azotu w płomieniu wirowym

Próby sprostania wymaganiom pakietu klimatycznego zainicjowały poszukiwania palnych związków syntetycznych, zdolnych do magazynowania energii w swoich wiązaniach oraz charakteryzujących się niską emisją gazów cieplarnianych. Amoniak jest atrakcyjnym, szeroko znanym w przemyśle oraz relatywnie bezpiecznym związkiem palnym nieemitującym CO₂, co spowodowane jest dużą zawartością wodoru w jego cząsteczce. Dzięki temu może znaleźć potencjalne zastosowanie jako syntetyczny akumulator energii w systemach magazynujących energię. W odpowiednich warunkach stanowi efektywny reagent zmniejszający emisję tlenków azotu. Niestety, w niekorzystnych warunkach może również stanowić ich główne źródło, utrudniając, czy wręcz uniemożliwiając niskoemisyjne spalanie gazów syntetycznych. Badania wstępne przeprowadzone przez autora wraz z zespołem badawczym dowiodły istnienia zależności pomiędzy sposobem ukształtowania przepływu w komorze spalania, a rodzajem występującej głównej ścieżki reakcji związków azotu, prowadzącej do tworzenia się związków toksycznych lub usuwania już istniejących.

Dotychczas amoniak spalany był jako śladowe zanieczyszczenie, niesione przez gaz syntezowy lub biogaz, dlatego też informacje dotyczące procesu jego spalania oraz wpływu sposobu spalania na emisję tlenków azotu ograniczały się do paliw z granicznym 5% udziałem NH₃ w paliwie. Koncepcja uczynienia z amoniaku magazynu energii może zmienić tę sytuację i zwiększyć jego udział w paliwie do nawet kilkudziesięciu procent. Niestety, kolejny problem na drodze do zastosowania NH₃ pojawia się w charakterystyce jego spalania, różniącej się znacząco od gazów powszechnie stosowanych, takich jak gaz ziemny, co może stać się powodem wymuszenia modernizacji niektórych istniejących systemów spalania lub też zaprojektowania i wykonania nowych. W celu ograniczenia kosztów prototypów i badań eksperymentalnych, stosowane są, ze znajomością pewnych zależności, symulacje uwzględniające proces spalania oraz przepływu spalin w urządzeniu energetycznym. Poznanie wpływu właściwości paliwa na emisję związków toksycznych umożliwi świadome wykorzystanie paliw alternatywnych.

Celem prowadzonych badań jest eksperymentalne i symulacyjne zbadanie procesu utleniania i redukcji paliwowych związków azotu w płomieniach wirowych oraz określenie wpływu parametrów początkowych procesu spalania oraz sposobu ukształtowania procesu spalania na udział tlenków azotu w produktach reakcji.

Wyniki przedstawionego projektu będą niezbędne do zaprojektowania metod niskoemisyjnego spalania nienormatywnych paliw gazowych o znaczącym udziale amoniaku jako możliwego nośnika wodoru lub jako problematycznego zanieczyszczenia o śladowym udziale w paliwie. Charakterystyka przepływu i emisji związków azotu jest niezbędna do porównania danych uzyskanych numerycznie z wartościami eksperymentalnymi oraz udoskonalenia procedur stosowanych podczas modelowania reagującego przepływu z wytworzoną strefą recyrkulacji w przepływie wirowym. Dodatkowo wyznaczone zostaną właściwości palne, takie jak limity palności, temperatura adiabatycznego spalania czy prędkość laminarnego spalania dla szerokiej grupy wybranych mieszanek paliw syntetycznych.

Dane uzyskane dla każdej z mieszanek palnych zawierających określony udział amoniaku posłużą do wyznaczenia funkcji wiążących poszczególne grupy parametrów. Sformułowanie zależności, łączącej charakter przepływu z intensywnością zachodzącego zjawiska usuwania tlenków azotu pozwoli na zbadanie podstaw tego zjawiska oraz na wyznaczenie kierunków dalszych badań, w dalszej perspektywie – wyeliminowania rozwiązań nieefektywnych pod względem emisji. Wyniki symulacji zostaną uzupełnione o wyznaczenie ścieżek przebiegu reakcji oraz ich poprawność zostanie sprawdzona na podstawie danych laboratoryjnych, co posłuży do dalszego ulepszania modeli spalania i zmniejszenia ilości rozwiązywanych równań chemicznych podczas symulacji. Ponadto zastosowanie funkcji w zmodyfikowanym modelu spalania pozwoliłoby na zwiększenie efektywności symulacji skomplikowanych układów pod kątem czasu i dokładności obliczeń, co przełożyłoby się na skrócenie czasu prototypowania układu oraz zwiększyłoby zakres pewności i świadomości projektowania systemów spalania. Osiągnięcie satysfakcjonujących wartości emisji z systemów spalania w łączności z podstawowym lub dodatkowym wykorzystaniem paliwa syntetycznego pozwoli na lokalne wytworzenie niskoemisyjnej energii odnawialnej o wysokiej efektywności energetycznej i dużym stopniu wykorzystania energii pierwotnej w systemie rozproszonym, co jest promowane przez dyrektywy UE oraz wpisuje się w globalnie realizowaną politykę klimatyczną.