

ZAPŁON PYŁU WĘGLOWEGO I PALIW ALTERNATYWNYCH W ATMOSFERZE WZBOGACONEJ W TLEN

Promotor: **prof. dr hab. inż. Wiesław Rybak**

Streszczenie:

Kluczowym wyzwaniem dla energetyki jest ograniczenie emisji dwutlenku węgla. Ze względu na potrzebę redukcji emisji dwutlenku węgla rozwijana jest technologia spalania pyłu węglowego w atmosferze wzbogaconej w tlen, O_2/CO_2 (tzw. Oxy-fuel), która na potrzeby instalacji CCS, pozwala uzyskać strumień gazów poreakcyjnych o wysokim stężeniu CO_2 . Zmiana atmosfery utleniającej w komorze paleniskowej w porównaniu do konwencjonalnego spalania w powietrzu, może mieć znaczący wpływ na wymianę ciepła w kotle oraz na spalanie, zapłon i stabilność płomienia w komorze paleniskowej. Konsekwencją tego, będą zastosowane konstrukcje oraz warunki eksploatacyjne poszczególnych instalacji kotłowych. Dodatkowo wdrożenie nowej technologii wymaga określenia wytycznych projektowych, które pozwolą na uzyskanie stabilnego zapłonu i propagacji płomienia w komorze paleniskowej oraz zminimalizują zagrożenia pożarowo-wybuchowe.

W ostatnich latach nastąpił znaczny rozwój w badaniach nad technologią spalania w atmosferze wzbogaconej w tlen, jednak wciąż wiele zagadnień z zakresu poszczególnych procesów związanych z zapłonem i spalaniem pyłu węglowego w atmosferze O_2/CO_2 oraz rozwiązań technicznych musi zostać wyjaśnionych, zanim technologia ta przejdzie z fazy badań laboratoryjnych i pilotażowych do pełnej skali technicznej. Szeroki zakres różnego typu stanowisk badawczych, brak ustandaryzowania metodyki pomiarowej i bardzo duża ilość parametrów procesowych mających wpływ na określenie podatności do zapłonu paliw stałych, nie dają jednoznacznej odpowiedzi odnośnie wpływu warunków procesowych atmosfery O_2/CO_2 na zapłon i propagację płomienia pyłowego.

Celem głównym pracy jest poznanie mechanizmu zapłonu w atmosferze wzbogaconej w tlen oraz określenie wpływu własności paliwa stałego i stężenia tlenu na ten mechanizm. W celu poznania wpływu rodzaju atmosfery gazowej na mechanizm zapłonu, przeprowadzone w pracy badania odnoszono do warunków zapłonu w atmosferze powietrza. Cele szczegółowe dotyczą ponadto analizy procesów fizykochemicznych prowadzących do zapłonu cząstki paliwa oraz chmury pyłowej w mieszaninie gazów O_2/CO_2 , jak również podjęcia próby oceny wpływu zmian profilu geometrycznego płomienia pyłowego na warunki pracy palnika pyłowego.

W tezie pracy postuluje się, że zmiana atmosfery powietrza na atmosferę wzbogaconą w tlen (O_2/CO_2) ma wpływ na zapłon i stabilność płomienia pyłowego.

Do badań jako paliwa podstawowe wybrane zostały węgle energetyczne wykorzystywane w polskich i zagranicznych elektrowniach zawodowych. Ponadto mając na uwadze potencjał energetyczny biomasy oraz jej duże znaczenie perspektywicznego zastosowania w technologii Oxy-fuel, w badaniach zastosowano również różne rodzaje biomas. Materiał badawczy dobrano w taki sposób, aby próbki były zróżnicowane pod względem właściwości i jednocześnie reprezentatywne w zakresie danej grupy paliw. Badania prowadzono z wykorzystaniem zaawansowanego zaplecza laboratoryjnego, obejmującego aparaturę pomiarową, m.in.: analizator elementarny LECO TruSpec CHNS, kalorymetr IKA C2000, mikroskop cyfrowy, spektrometr oraz stanowiska badawcze, na których określono: parametry zapłonu pojedynczej cząstki paliwa, wyznaczono temperaturę i czas indukcji zapłonu chmury pyłowej, przeprowadzono analizę termogravimetryczną (TGA) ze skaningową kalorymetrią różnicową (DSC). Badania nad zapłonem i strukturą płomienia przeprowadzone zostały również na instalacji dużej skali laboratoryjnej z palnikiem wirowym o mocy 400 kW_{th} .

Analizę warunków zapłonu cząstek paliw węglowych i biomas przeprowadzono dla stężenia tlenu w zakresie od $15\% O_2/85\% CO_2$ do $40\% O_2/60\% CO_2$ oraz w atmosferze powietrza. W warunkach tej samej atmosfery utleniającej najniższą temperaturą zapłonu charakteryzowały się pojedyncze cząstki węgla brunatnego, następnie biomas odpowiednio odpadów rolnych i biomas drzewnej i dalej węgla kamiennych i węgla antracytowego. Wyniki uzyskane dla węgla są w pełni zgodne z danymi literaturowymi, wg których wraz ze wzrostem stopnia uwęglenia paliw, rośnie również wartość minimalnej temperatura zapłonu. W zakresie warunków przeprowadzanego eksperymentu, zarówno biomas drzewne, jak i odpady rolne charakteryzujące się niższym stopniem uwęglenia w porównaniu z węglem brunatnym, odznaczają się znacznie wyższymi minimalnymi temperaturami zapłonu. Na tej podstawie można stwierdzić, że w przypadku pojedynczej cząstki biomas zarówno wysoka zawartość części lotnych, jak i niski stopień uwęglenia paliwa nie są

Konrad Babul

wyznacznikami, które mogą jednoznacznie świadczyć o występowaniu korzystniejszych warunków do zapłonu tego paliwa. Przyczyną tego jest wiele parametrów oraz duża złożoność układów reakcyjnych, w których może dojść do zapłonu paliwa.

Przeprowadzone badania zapłonu pojedynczej cząstki paliw stałych wykazały, że zmiana N_2 na CO_2 w atmosferze utleniającej doprowadziła do wzrostu minimalnej temperatury zapłonu wszystkich badanych paliw. Potwierdziło to tezę pracy, że w atmosferze utleniającej zmiana atmosfery z powietrznej na atmosferę wzbogaconą w tlen (O_2/CO_2) ma wpływ na zapłon pyłu węglowego i pyłu paliw alternatywnych. Przyczyną takiego zachowania się temperatur zapłonu są niższe wartości współczynnika dyfuzji i większe pojemności cieplnej atmosfery O_2/CO_2 niż O_2/N_2 . Zmiana atmosfery utleniającej z O_2/N_2 na O_2/CO_2 prowadziła dla tej samej wartości temperatury komory reakcyjnej do zwiększenia czasu indukcji zapłonu chmury pyłowej. Zauważono również, że większy wpływ na wartość temperatury zapłonu pojedynczej cząstki oraz chmury pyłowej ma rodzaj badanego paliwa niż zmiana w atmosferze utleniającej N_2 na CO_2 . Opracowano algorytm filtracji i przetwarzania obrazu, który umożliwia monitorowanie zmian profilu płomienia pyłowego w zależności od zmian parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych palnika wirowego. Na podstawie przeprowadzonych badań na instalacji dużej skali laboratoryjnej z palnikiem wirowym o mocy 400 kW_{th} wykazano, że nie jest możliwe uzyskanie w palniku wirowym takich samych warunków zapłonu i stabilności płomienia w atmosferze powietrza i O_2/CO_2 bez wprowadzenia zmian konstrukcyjnych w układzie palnikowym.

Konrad Babul