

Dynamika procesu zgazowania i spalania otrzymanego gazu

mgr Kamil Kwiatkowski

Streszczenie

Przedstawiona rozprawa doktorska porusza zagadnienie modelowania numerycznego dynamiki przepływu swobodnego oraz przepływu w ośrodku porowatym, mieszaniny gazów, w której zachodzą reakcje chemiczne. Praca skupia się na dwóch ważnych typach procesów:

- procesach termicznych, które zachodzą w ośrodku porowatym, w wyniku których następuje konwersja materiału stałego do gazu. Są to procesy pirolizy i zgazowania;
- przepływach i złożonych reakcjach chemicznych zachodzących wyłącznie w fazie gazowej. Są to procesy spalania.

W pracy przedstawiono dwa modele matematyczne procesów zgazowania (równowagowy i nierównowagowy), oraz ich implementacje numeryczne, rozszerzające funkcjonalność komercyjnego kodu obliczeniowego ANSYS Fluent (patrz prace Kwiatkowski *et al.* 2013*b,c*) oraz otwartego kodu obliczeniowego OpenFOAM (patrz praca Kwiatkowski *et al.* 2013*e*). Modele zostały pomyślnie przetestowane w oparciu o wyniki eksperymentu termogravimetrycznego (TGA) (Kwiatkowski *et al.*, 2013*b,e*).

Symulacje odpowiadające przeprowadzonemu eksperymentowi pirolizy i zgazowania w reaktorze makro-TGA pokazały istotny wpływ fragmentacji dużej cząstki biomasy na szybkość procesu zgazowania (Kwiatkowski *et al.*, 2013*c*).

Z kolei przeprowadzone w skali przemysłowej eksperymenty pozwoliły zmierzyć skład gazu produkowanego w procesie zgazowania piór indyków (Dudyński *et al.*, 2012) i drewna odpadowego (Kwiatkowski & van Dyk, 2013).

Numeryczna analiza procesu spalania dyfuzyjnego (paliwo i utleniacz są podawane oddzielnie, niezmieszane) w przestrzeni stopnia zmieszania pozwoliła określić możliwe reżimy procesu spalania dla takiego gazu (Kwiatkowski *et al.*, 2013*d*), w zależności od warunków procesu. W szczególności

pokazała, że możliwe jest spalanie w korzystnym z punktu widzenia generacji zanieczyszczeń reżimie MILD combustion (Cavaliere & de Joannon, 2004).

W pracy przeprowadzono trójwymiarowe, zależne od czasu symulacje spalania w przemysłowej komorze spalania syngazu wyprodukowanego w procesie zgazowania drewna i piór. Ujawniły one względnie równomierny rozkład temperatury w całej objętości komory spalania (Kwiatkowski *et al.*, 2012) oraz pozwoliły określić mody oscylacji w procesie (Kwiatkowski *et al.*, 2013a) potwierdzone nagraniami szybką kamerą.

W ostatniej części pracy przeanalizowano proces tworzenia się tlenków azotu w procesie spalania oraz końcową emisję z instalacji przemysłowej. Przeprowadzona analiza pokazała, że dla gazu produkowanego ze zgazowania piór kluczową ścieżką tworzenia tlenków azotu jest mechanizm związany z azotem zawartym w paliwie.

Literatura

- CAVALIERE, A. & DE JOANNON, M. 2004 Mild combustion. *Progress in Energy and Combustion Science* **30**, 329–366.
- DUDYŃSKI, M., KWIATKOWSKI, K. & BAJER, K. 2012 From feathers to syngas - technologies and devices. *Waste Management* **32** (4), 685–691.
- KWIATKOWSKI, K., BAJER, K. & WĘDOŁOWSKI, K. 2012 Turbulent combustion of the biomass syngas. *Archives of Mechanics* **64**, 511–527.
- KWIATKOWSKI, K., DUDYŃSKI, M. & BAJER, K. 2013a Combustion of low-calorific waste biomass syngas. *Flow Turbulence and Combustion* DOI: **10.1007/s10494-013-9473-9**.
- KWIATKOWSKI, K. & VAN DYK, J.C. 2013 Industrial experiment on fixed-bed gasification with biomass in poland. part 1: Operation observations and mass balance. *Raport. Sasol Technology*.
- KWIATKOWSKI, K., GÓRECKI, B., GRYGLAS, W., KOROTKO, J., DUDYŃSKI, M. & BAJER, K. 2013b Numerical modelling of biomass pyrolysis –heat and mass transport models. *Numerical Heat Transfer Part A Applications* **64** (3), 216–234.
- KWIATKOWSKI, K., KOROTKO, J., BAJER, K. & DUDYŃSKI, M. 2013c Pyrolysis and gasification of thick wood particle - effect of fragmentation. *Fuel w przygotowaniu*.
- KWIATKOWSKI, K., MASTORAKOS, E. & BAJER, K. 2013d Regimes of non-premixed combustion of hot low-calorific gases derived from biomass gasification. *Fuel w przygotowaniu*.
- KWIATKOWSKI, K., ZUK, P.J., BAJER, K. & DUDYŃSKI, M. 2013e Biomass gasification solver based on openfoam. *Computer Physics Communications* **w recenzji**.