

Dr hab. inż. Jerzy Zoń
Katedra Termodynamiki, Teorii Maszyn i Urządzeń Ciepłych
Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Politechnika Wrocławska

Wrocław, 18.05.2015

Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Jakuba Długosza pt.: „Wybrane zagadnienia spalania tlenowego pyłu węglowego”

1. Ogólne informacje

Praca doktorska została wykonana na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym Politechniki Wrocławskiej, w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. Stanowi ona zwarte opracowanie zawierające 108 stron. Zakres pracy obejmuje siedem rozdziałów, w tym spis literatury. Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Halina Pawlak-Kruczek, profesor Politechniki Wrocławskiej.

Podstawą wykonania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gnutka nr W9/PW/221/2015 z dnia 19.02.2015.

2. Omówienie treści rozprawy

Rozprawę otwiera rozdział zatytułowany „Wstęp” (objętość 2,5 strony) w którym Doktorant przedstawił zarys technologii spalania tlenowego paliw węglowych prowadzącej prawie do czystego ditlenku węgla jako produktu.

Drugi rozdział nosi tytuł „Podstawy spalania tlenowego (technologia CCS)” (objętość 21,5 strony). Tytuł rozdziału uszczegóławia znaczenie zawartej w tytule frazy „wybranych zagadnień”, ograniczając zakres przeglądu do jednej technologii – wychwytu i magazynowania ditlenku węgla. Rozdział jest zbudowany z następujących podrozdziałów: „Znaczenie węgla brunatnego w polskiej energetyce”, „Zapłon oraz spalanie węgla w atmosferze spalania tlenowego (parametry zapłonu i metodyki badawcze)”, „Piroliza i gazyfikacja węgla w atmosferach N₂ i CO₂ oraz spalanie pozostałości koksowej” i „Wpływ zmienionej atmosfery gazowej na proces wymiany ciepła przez radiację w komorze paleniskowej”.

Trzeci rozdział, który Autor zatytułował „Cele, tezy i zakres pracy” (objętość 3 strony), został rozwinięty w następujących podrozdziałach: „Cel pracy”, „Tezy pracy”, „Zakres pracy” oraz „Uzasadnienie celowości badań”.

Celem badań prowadzonych w ramach pracy doktorskiej było zbadanie wpływu składu atmosfery spalania tlenowego, rozdrobnienia i zawartości wilgoci na parametry zapłonu, szybkość pirolizy i szybkość spalania węgla brunatnego z kopalni Turów. Dodatkowe zadanie stanowiło modelowanie

Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Wpłynęło dnia 09-06-2015

Wg 1008

numeryczne procesu spalania węgla brunatnego w reaktorze opadowym w warunkach zmienionej radiacyjnej składowej wymiany ciepła.

Czwarty rozdział „Badania własne” (objętość 15 stron) został podzielony na dwa podrozdziały.

W podrozdziale „Charakterystyka węgla zastosowanych w badaniach” Doktorant opisał próbki badanego węgla brunatnego zestawiając wyniki analiz technicznej i elementarnej w zależności od wielkości ziarna.

Podrozdział „Opis stanowisk badawczych i metodyki badawczej” zawiera opis sposobów wykonywania pomiarów wraz z podaniem nazwy lub rodzaju użytego aparatu. Są to: analiza elementarna (analyzer Perkin Elmer 2400); parametry zapłonu, takie jak czas indukcji, temperatura i intensywność (zmodyfikowany piec opadowy Greenwalda-Godberta); zawartość części lotnych i szybkość spalania (termograwimetryczny analizator Pyris Diamond TG/DTA 6200) oraz badanie szybkiej pirolizy (izotermiczny reaktor opadowy).

Piąty rozdział „Wyniki badań własnych i ich analiza” (objętość 51 stron) stanowi główną część pracy i składa się z pięciu podrozdziałów.

Podrozdział „Badania zapłonu pyłu węglowego w warunkach spalania tlenowego – wpływ rozmiaru cząsteczek, wilgotności węgla na czas indukcji, krytyczną temperaturę i intensywność zapłonu” podsumowano zestawieniem otrzymanych wyników. Zaobserwowano między innymi zależność zgodnie z którą wraz ze wzrostem udziału tlenu w atmosferze spalania tlenowego maleją krytyczne temperatury zapłonu i rosną czasy indukcji zapłonu (szczegóły strony 56-57).

Podrozdział „Badania termograwimetryczne nad spalaniem węgla brunatnego w atmosferze powietrza i dla różnych udziałów O_2/CO_2 – wpływ wilgotności węgla i stopnia rozdrobnienia na przebieg procesu spalania” zakończono pięcioma wnioskami z badań (strona 65), a wybrany wniosek można sformułować następująco: wraz z wzbogaceniem atmosfery spalania w tlen dla najbardziej rozdrobnionego węgla brunatnego o 7-procentowej wilgotności względnej czas spalania ulega skróceniu.

Podrozdział „Badanie szybkiej pirolizy węgla brunatnego o różnej zawartości wilgotności w atmosferze azotu i dwutlenku węgla” obejmuje wyniki otrzymane dla pierwszego etapu spalania, którym jest piroliza, przy uwzględnieniu trzech różnych punktów widzenia: powstających produktów gazowych z paliwa, ubytku masy węgla i pozostałych składników po odgazowaniu paliwa oraz koksu jako pozostałości po pirolizie paliwa. Podczas pirolizy węgla brunatnego w atmosferze ditlenku węgla zaobserwowano większy ubytek masy węgla i azotu (odpowiednio strona 72 i strona 71) oraz powstawanie koksu o większej powierzchni właściwej (strona 78) w porównaniu do koksu otrzymanego w atmosferze azotu.

Podrozdział „Szybkość spalania koksów z szybkiej pirolizy w warunkach spalania tlenowego (OXO25, OXO30) i powietrza” kończy się podsumowaniem, że otrzymane w atmosferze ditlenku węgla koksy (z węgla brunatnego o 14-procentowej wilgotności względnej) charakteryzowały się większą szybkością spalania tlenowego (strona 83) co prawdopodobnie pozostaje w korelacji z powierzchnią właściwą wyjściowego koksu.

Podrozdział „Modelowanie numeryczne procesu radiacji w komorze paleniskowej reaktora opadowego dla węgla brunatnego o różnej wilgotności spalanego w atmosferze powietrza i OXO30” poświęcony jest obliczeniom strumienia ciepła na drodze promieniowania dla spalania tlenowego w piecu opadowym, symulacji temperatury cząstek paliwa i gazu, a także składu oraz temperatury gazów spalinowych w celu porównania z wartościami eksperymentalnymi.

Rozdział szósty zatytułowany „Podsumowanie i wnioski” (objętość 5 stron) omawia zbiorczo wyniki otrzymane w ramach rozprawy i zawiera wnioski końcowe (strony 100-101) ujęte w sześciu punktach.

Rozprawę zamyka spis literatury (110 pozycji).

3. Ocena pracy

W 2005 roku odbyły się pierwsze międzynarodowe warsztaty dla rozpoczynających badania nad spalaniem węgla dla celów energetycznych w atmosferze tlenowej. Cztery lata później ukazał się artykuł przeglądowy opisujący rozwój technologii spalania tlenowego węgla osiągnięty w projekcie australijsko-japońskim, opracowany przez prof. Terry Walla i trzynastu współpracowników. Obecnie najbardziej poczytnym artykułem przeglądowym dotyczącym spalania tlenowego węgla jest artykuł autorstwa prof. Ahmed F. Ghoniem i dwóch współpracowników z 2012 roku. Natomiast jedną z pierwszych publikacji polskich autorów na temat spalania tlenowego węgla brunatnego, znaną w obiegu światowym, jest artykuł: Czakiert T., Bis Z., Muskala W., Nowak W., „Fuel conversion from oxy-fuel combustion in a circulating fluidized bed”, *Fuel Processing Technology* 2006, 87, 531-538.

W tym kontekście wskazać należy, że Doktorant podjął aktualny w roku 2009 temat. Za przedmiot rozprawy wybrano badanie wpływu udziału tlenu w atmosferze ditlenku węgla na spalanie tlenowe pyłu węgla brunatnego o różnej wilgotności. Eksperymentalnie badano zapłon i pirolizę, a teoretycznie modelowano proces spalania, starając się połączyć eksperyment z teorią.

Wydaje się, że dalekosiężnym celem rozprawy było określenie podstawowych danych procesowych i projektowych dla spalania tlenowego węgla brunatnego oraz ocena fizycznej możliwości wprowadzenia technologii spalania tlenowego rodzimego węgla brunatnego, w kontekście wychwytu i magazynowania ditlenku węgla.

Doktorant jest współautorem trzech rozdziałów w monografiach, dwóch referatów w materiałach pokonferencyjnych międzynarodowych oraz jednego artykułu w czasopiśmie krajowym. W sumie według bazy danych „Dona” jest współautorem sześciu tzw. publikacji Politechniki Wrocławskiej.

4. Uwagi krytyczne

Moim zdaniem najcenniejszy wniosek z przeprowadzonych badań, zgodnie z którym możliwe jest spalanie tlenowe węgla brunatnego z kopalni Turów prowadzące do prawie czystego ditlenku węgla, ponosząc jedynie dodatkowy koszt wytwarzania czystego tlenu, nie został opublikowany w literaturze międzynarodowej we właściwym czasie. W konsekwencji powyższego, nazwisko Autora rozprawy nie stało się rozpoznawalne w międzynarodowym obiegu.

Sugeruję, aby Doktorant podczas publicznej obrony w toku dyskusji przedstawił w zwięzły sposób wyniki badań i ewentualne wnioski z publikacji posiadających w tytule „spalanie tlenowe paliwa” opisanych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym przez polskich autorów (według moich danych 11-12 prac).

W pracy można spotkać pewne niedociągnięcia. I tak na przykład, na stronie 49 jest napisane: „... gdyż czas indukcji zapłonu dla CO₂=80% (OXO20) był znacząco wyższy niż dla CO₂=70% (OXO30), Skąd wiadomo, że „był znacząco wyższy” skoro w pracy doktorskiej nie znalazłem informacji na temat błędu pomiaru czasu indukcji?

Czytając pracę, można trafić na pewne uchybienia redakcyjne, jednakże nie miały one wpływu na ocenę końcową.

5. Podsumowanie

Po zapoznaniu się z pracą doktorską i po przedstawieniu opinii stwierdzam, że Doktorant wykazał się umiejętnością projektowania i prowadzenia badań naukowych oraz analizowania otrzymanych wyników w zakresie tematu przedstawionej pracy.

W mojej ocenie Pan mgr inż. Jakub Długosz spełnił wymagania stawiane tego typu dziełu i wnoszę zgodnie z Ustawą z dn. 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several stylized, overlapping strokes that form a unique, somewhat abstract shape.