

Prof. dr hab. inż. Marek PRONOBIS

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych  
Politechniki Śląskiej

## RECENZJA DYSERTACJI DOKTORSKIEJ

**mgr inż. Bartosza URBANKA**

### „ZACHOWANIE SIĘ SUBSTANCJI MINERALNEJ PALIW STAŁYCH W CZASIE SPALANIA I WSPÓLSPALANIA”

#### 1. Uwagi ogólne

Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej z dnia 24.11.2017 r. Recenzowana praca należy do obszaru dyscypliny budowa i eksploatacja maszyn.

Zasadniczym celem przedłożonej dysertacji była identyfikacja zjawisk transformacji substancji mineralnej wybranych rodzajów paliw stałych z punktu widzenia ich wpływu na zużłowanie i popielenie w kotłach. Badano spalanie i współspalanie w powietrzu oraz w warunkach podwyższonego udziału tlenu. Praca liczy 204 strony tekstu a spis literatury zawiera 154 pozycje.

Po krótkim wstępie naświetlającym kontekst pracy następuje Rozdział 2, w którym autor przedstawia istniejący stan wiedzy. Ma on charakter monograficznego opisu zagadnień związanych z występowaniem części mineralnej w paliwach stałych, zjawisk tworzenia się żużla i popiołu lotnego oraz zagrożeń dla kotła wynikających z procesów zużłowania i popielenia. Omawia także wpływ współspalania biomasy oraz zmian składu utleniacza na te procesy. Rozdział kończy analiza sposobów zapobiegania i ograniczania skutków opisywanych procesów.

W rozdziale 3 doktorant przedstawił cel, tezę i zakres pracy zilustrowany poglądowym schematem obrazującym program wykonanych badań.

Część badawczą pracy rozpoczyna rozdział 4, zawierający szczegółowy opis metodyki badań oraz użytych stanowisk testowych i aparatury. W rozdziale tym podano także charakterystyki fizykochemiczne wykorzystanych paliw i ich popiołów. Na podkreślenie zasługuje wykorzystanie do badań transformacji substancji mineralnej zarówno standardowej metody Leitza jak i metod niestandardowych: wytrzymałościowej, gęstościowej i ciśnieniowej. Rzuca to nowe światło na badane procesy.

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

12-01-2018

Wpłynęło dnia .....

49/25

Liczący 40 stron Rozdział 5 opisuje badania zachowania się popiołów węgla kamiennych i brunatnych podczas spiekania. Autor zastosował tu wielostronne podejście do badanych zagadnień, pozwalające połączyć analizy właściwości fizycznych próbek z ich składem chemicznym i mineralogicznym. Wykorzystano także obliczenia termodynamiczne krystalizacji minerałów programem FactSage.

Kolejny Rozdział 6 przedstawia badania procesów transformacji popiołów podczas spalania i współspalania biomasy. Zastosowano podobne metody analizy jak w rozdziale 5. Ważnym wnioskiem jest to, że na podstawie udziałów masowych obu współspalanych paliw i znajomości temperatur początku transformacji popiołu dla każdego z nich nie da się przewidzieć jak zachowa się mieszanina obu popiołów.

Rozdział 7 dysertacji podejmuje problem formowania się popiołu i osadów podczas spalania w atmosferze wzbogaconej w tlen i pozbawionej azotu. Jest to zagadnienie istotne z punktu widzenia coraz ostrzejszej potrzeby budowy kotłów ułatwiających sekwestrację CO<sub>2</sub>. Uzyskane wyniki dowodzą, że nie ma zasadniczych różnic wynikających ze zmiany atmosfery.

Rozdział ósmy Autor poświęcił przedstawieniu wyników badań wpływu addytywów mineralnych na spiekanie i powstawanie osadów na powierzchniach ogrzewalnych kotłów. Spośród 12 próbek dostępnych substancji autor wybrał do szczegółowych badań trzy, istotnie różniące się pod względem charakterystyki. Wyniki dowodzą (choć nie w pełni jednoznacznie), że dodatki mineralne mogą podwyższać temperaturę spiekania.

W kolejnym, 9-tym rozdziale opisano badania wpływu trzech istotnych parametrów na wyniki badań właściwości popiołów:

- zawartości i formy związania metali alkalicznych w części mineralnej
- temperatury spopielania
- granulacji badanej substancji.

Rozdział kończą badania kinetyki procesu spiekania popiołów.

Dziesiąty rozdział pracy przynosi istotne pod względem poznawczym wnioski.

## **2. Szczegółowe uwagi krytyczne**

Praca jest napisana starannie, a zauważone błędy są nieliczne i a przy tym niezbyt istotne z merytorycznego punktu widzenia. Poniżej wymieniono niektóre z nich.

- W kilkunastu miejscach brakujące lub zbędne przecinki i błędy literowe.
- Różne style poszczególnych pozycji w spisie literatury.

- Str. 5 - w spisie oznaczeń powinny zostać wprowadzone skrótowe oznaczenia badanych paliw np. PELZ itp.
- Str. 8 - zamiast „odpadów ściekowych” powinno być „osadów ściekowych”
- Str. 10 - zamiast „wielkość spalanego węgla” powinno być „granulacja spalanego węgla”
- Str. 27 - zamiast „pięciu rozdziałów” powinno być „pięć rozdziałów”
- Str. 106 - usunąć % przy SR
- Str. 128 - tekst pod rys. 7.15 jest niejasny
- Str.144 - 146 - na Rys. 8.1 - 8.10 są 2 krzywe - czerwona i niebieska, ale nie podano, czym się różnią (to samo Rys. 9.17 i 9.18)
- Str. 167 - zamiast „obnażenie” powinno być „obniżenie”
- Str. 190 - jest 2 razy
- Str. 195 - zamiast „pieca czasie” powinno być „pieca w czasie”
- [47] - brak danych czasopisma [Fuel Processing Technology 92 (2011) 845–855]
- [48] - j.w.
- [62] - brak danych czasopisma (Energy)
- [73] - zamiast „Blokes” powinno być „Blockes”

Jeśli chodzi o stronę merytoryczną rozprawy, to zdanie na stronie 113 „Z porównania temperatur spiekania wynika...” jest tylko częściowo prawdziwe. O ile obniżenie temperatury spiekania zwiększa prawdopodobieństwo żużlowania, o tyle jego wpływ na zwiększenie prawdopodobieństwa popielenia trudno wykazać. Wprawdzie na ogół ze wzrostem udziału biomasy rośnie skłonność do popielenia, ale to wynika z innych zjawisk, jak np. drobniejsza granulacja popiołu lotnego z biomasy i inne właściwości adhezyjne.

Wydaje się, że wniosek na str. 181 „W praktyce będzie to oznaczało, że jeśli ... przekroczone zostaną dopuszczalne kontraktem zawartości Ca, N i K ...” jest zbyt daleko idący, ponieważ raczej takich danych się nie kontraktuje, a ponadto zakłady mieszają paliwa na składowisku.

Na str. 195 napisano „proces spiekania nie jest ograniczony przez procesy fizyczne wymiany masy i ciepła”. Należałoby w tym miejscu napisać, co ten proces ogranicza.

### 3. Ocena pracy

Recenzowaną pracę oceniam pod względem merytorycznym bardzo wysoko. Problemy będące jej przedmiotem są niezwykle ważne w aktualnej sytuacji polskiej

energetyki, zmuszonej do spalania paliw kopalnych o pogorszonej jakości oraz zastępowania węgla różnymi formami biomasy.

W wyniku przeprowadzonych badań odpowiada autor odpowiada na szereg pytań istotnych dla walidacji powszechnie stosowanych metod ewaluacji paliw stałych. Przykładem może być wykazanie poważnych różnic między temperaturami wyznaczanymi metodą Leitza i uzyskiwanymi z metod niestandardowych. Jeżeli przy tym wyniki z metod niestandardowych dobrze korelują ze wskaźnikami typu B/A lub  $F_u$  a wyniki Leitza nie, to prawdopodobnie trzeba się zastanowić nad dalszym stosowaniem tej metody, lub uzupełnić obecny standard analizy temperatur charakterystycznych popiołów o metody nowe. Także wykazanie, że wpływ kaolinu na podwyższenie temperatury spiekania obserwowano wyłącznie w czasie wyznaczania jej metodą Leitza daje do myślenia. Tym bardziej, że kaolin Surmin zawiera sporo wolnej krzemionki (Tabela 8.1), co zwiększa skłonność do tworzenia niskotopliwych eutektyk ze związkami alkalicznymi. Potwierdzałoby to po raz kolejny nieadekwatność metody Leitza.

Znaczącym osiągnięciem doktoranta jest też udowodnienie, że o potencjale do tworzenia spieków a więc i osadów żużla na powierzchniach ogrzewalnych, decydują składniki popiołu usuwalne podczas ługowania. Zaproponowana metoda badań daje więc szansę bardziej precyzyjnej oceny tej skłonności dla paliw zakładanych podczas projektowania kotła i oferowanych na rynku dla kotłów istniejących.

Zaletą recenzowanej pracy jest też wielostronne podejście do badanych zagadnień, pozwalające połączyć analizy właściwości fizycznych próbek z ich składem chemicznym i mineralogicznym.

Recenzowana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorant wykazał się właściwą wiedzą i umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Osiągnięte rezultaty wnoszą istotny postęp w stosunku do istniejącego stanu wiedzy i mają dużą przydatność praktyczną. W tym kontekście praca spełnia wymogi stawiane przez obowiązującą ustawę.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia wnoszę o dopuszczenie pana mgr inż. Bartosza Urbanka do obrony pracy. Jednocześnie, biorąc pod uwagę szczególnie wysoki poziom merytoryczny dysertacji, wnoszę o jej wyróżnienie.

