Prof. dr hab. inż. Andrzej Niewczas
profesor zwyczajny
Instytut Transportu Samochodowego
ul. Jagiellońska 80
03-301 Warszawa

Warszawa dnia 02. 08. 2016 r.

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgra inż. Piotra Nowaka
pt. „Analiza mechanizmu starzenia fizycznego kotłów energetycznych"

Recenzję wykonałem na podstawie zlecenia Prorektora Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu prof. dr hab. Sławomira Bukowskiego, pismo PK-042/24/54-1/st. dr-r/16 z dn. 04. 07. 2016 r.

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Recenzowana rozprawa zawiera 135 stron. Praca zawiera 123 rysunki i 24 tabele prezentujące warsztat badawczy i wyniki badań. Rozprawę podzielono na dziesięć rozdziałów.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autor przedstawia genezę tematu i streszczenie pracy.

Rozdział drugi prezentuje uporządkowany i umotywowany system pojęć stosowanych w badaniach naukowych dotyczących starzenia i ograniczenia żywotności urządzeń energetyki cieplnej.

W rozdziale trzecim i czwartym przedstawiono przegląd literatury. Na podstawie literatury analizowano następujące zagadnienia: czynniki oddziałujące niszcząco na elementy konstrukcyjne kotłów energetycznych i metody ograniczenia skutków tych oddziaływań, fizyko-chemiczne podstawy procesów degradacji elementów kotłów energetycznych, kryteria ograniczenia trwałości eksploatacyjnej

i metody jej zwiększenia, rozwój konstrukcji kotłów energetycznych w świetle problemu poprawy ich żywotności.

W rozdziale piątym Autor przedstawił tezę i cel pracy.

W rozdziale szóstym opisano przygotowanie próbek materiałów do badań i stanowisko badawcze, którym w opiniowanej pracy był kocioł eksploatowany w elektrociepłowni „Radpec" w Radomiu. Przedstawiono również metodykę i zakres badań zużyciowych (ekspozycje w piecu energetycznym) oraz metodykę badań laboratoryjnych. Następnie opisano wyniki badań próbek materiałowych, przed i po ekspozycji w środowisku komory paleniskowej pieca energetycznego. W końcowej części rozdziału szóstego zamieszczono wyniki badań właściwości pasywacyjnych materiałów w środowisku pieca energetycznego.

W rozdziale siódmym przedstawiono dyskusję wyników badań.

Rozdział ósmy stanowi podsumowanie pracy w formie wniosków dotyczących najważniejszych wyników obserwacji.

W rozdziale dziewiątym wskazano kierunki dalszych prac badawczych.

Wykaz literatury zamieszczony w rozprawie obejmuje 64 pozycje. Dobór literatury daje wyczerpujący i aktualny przegląd stanu wiedzy w zakresie problematyki zużycia elementów konstrukcyjnych kotłów energetycznych oraz ich trwałości eksploatacyjnej.

2. OCENA FORMALNEJ STRONY PRACY

Treść monografii jest zgodna z jej tematem. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów dają syntetyczny pogląd na zawarte w nich treści. Kolejne nazwy rozdziałów i ich treści prezentują logiczną trwałość i tworzą układ właściwy dla rozprawy naukowej. Użyte w rozprawie terminy dotyczące eksploatacji urządzeń energetyki cieplnej i inżynierii materiałowej są poprawne i zgodne z aktualnie obowiązującym słownictwem.

Praca zawiera bardzo bogaty materiał dokumentacyjny w postaci fotografii prezentujących wyniki obserwacji mikroskopowych oraz tabel zawierających dane liczbowe.

3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Wybór tematu rozprawy uważam za w pełni uzasadniony zarówno z naukowego jak i utylitarnego punktu widzenia. Wynika to ze stale wzrastających w energetyce wymagań dotyczących redukcji emisji dwutlenku węgla do atmosfery przy

równoczesnym utrzymaniu efektywności ekonomicznej procesu produkcyjnego. Spełnienie tych wymagań jest możliwe między innymi przez:

- doskonalenie procesu spalania w kotłach energetycznych dzięki podwyższaniu temperatury w komorze paleniskowej
- zwiększeniu trwałości eksploatacyjnej kotłów i skróceniu okresów międzyremontowych

Obie wymienione metody generują jednak nowe wyzwania w zakresie doskonalenia materiałów konstrukcyjnych odpornych na korozję w środowisku spalin, w wysokiej temperaturze.

W recenzowanej rozprawie jako cel pracy przyjęto (str. 4): „przeprowadzenie analizy wpływu składu chemicznego wybranych materiałów na intensywność procesu destrukcji korozyjnej zachodzącej w różnych temperaturach atmosfery kotła energetycznego". Cel ten został właściwie uzasadniony na podstawie szerokiego przeglądu literatury.

Analizowane przez Doktoranta zagadnienia są trudne i obejmują wiele aspektów z zakresu podstaw budowy i eksploatacji maszyn oraz inżynierii materiałowej.

Autor sformułował tezę, że „dobór odpowiednich materiałów do warunków eksploatacji kotła zwiększa żywotność elementów bloków energetycznych oraz opóźnia procesy zużycia wywołane korozją wysokotemperaturową". Do badań własnych dobrał stale o możliwie jak najwyższej zawartości pierwiastków stopowych (chromu, niklu, krzemu, aluminium, niobu) odpornych na działanie wysokich temperatur w atmosferze produktów spalania węgla.

Przedstawioną w pracy tezę należy uznać za prawidłową i dobrze skorelowaną z celem pracy. Teza posiada znamiona nowości w świetle dostępnej literatury.

Badania podjęte przez Doktoranta służące weryfikacji tezy objęły:

1. Badania ekspozycyjne próbek 5 rodzajów stali żaroodpornych oraz 4 rodzajów intermetali polegające na długotrwałym wygrzewaniu w rzeczywistych atmosferach w kotle energetycznym;
2. Badania laboratoryjne próbek materiałowych przed i po ekspozycji w kotle energetycznym, polegające na analizie składu chemicznego oraz na mikroskopowej analizie mikrostruktury materiału próbek w warstwie powierzchniowej;
3. Badania makroskopowe powierzchni próbek po ekspozycji pod kątem oceny jakości eksploatacyjnych warstw tlenkowych oraz badania zużycia wagowego próbek.

Doktorant szczegółowo przedyskutował wyniki badań odwołując się również do doniesień literaturowych. Wykazał, że: „korelacja pomiędzy zawartością węgla w stali, a zawartością pierwiastków stopowych wpływa na zmiany strukturalne wywołane wzrostem temperatury panującej w kotle energetycznym. Wysoka zawartość pierwiastków stopowych jest wynikiem koagulacji wydzieleń węglikowych, które widoczne są przy wysokiej temperaturze i niskiej zawartości węgla".

Jest to potwierdzenie słuszności postawionej tezy i stanowi twórczy wkład Autora w rozwój metodologii badań nad doborem materiałów na elementy kotłów energetycznych w aspekcie zwiększenia ich trwałości eksploatacyjnej.

Ponadto za ważne osiągnięcie Doktoranta uważam autorską metodę testowania odporności na zużycie korozyjne, wysokotemperaturowe nowych materiałów konstrukcyjnych poprzez wyżarzanie próbek w rzeczywistych warunkach atmosfery kotła energetycznego.

Zaletą rozprawy jest także mocne odniesienie do aspektów praktycznych. Autor przeprowadził obszerną analizę nowoczesnych konstrukcji kotłów energetycznych oraz problemów podwyższania ich żywotności. Przeprowadził szczegółową dyskusję wyników własnych badań dotyczącą kryteriów doboru nowych materiałów na elementy kotłów współcześnie użytkowanych.

4. UWAGI KRYTYCZNE

Autor nie ustrzegł się w rozprawie pewnych niejasności i niedociągnięć, które moim zdaniem warto byłoby rozważyć podczas obrony pracy doktorskiej.

1. Badania i dyskusja wyników prezentowane w opiniowanej rozprawie mają w większości charakter jakościowy. W niektórych fragmentach pracy Autor dokonuje także ocen ilościowych. Pomija jednak przy tym ich uzasadnienie. Np. na stronie 127 „stal na bazie głównie tytanu, niklu, chromu i manganu nie jest stosowana w energetyce, ale jej własności użytkowe rekomendują ją do stosowania w tych warunkach zwłaszcza, że czas eksploatacji kotła energetycznego może być dłuższy nawet o 30 000 godzin w porównaniu z innymi stalami stosowanymi w przemyśle energetycznym". Jak uzasadnić taką wartość wzrostu żywotności?

2. Zapis celu badań zamieszczony w rozdziale piątym na stronie 46 „celem pracy jest ocena mechanizmu starzenia fizycznego elementów kotła energetycznego w zależności od zastosowanego paliwa, produktów spalania i miejsca eksploatacji" jest niejasny. O jaką ocenę tu chodzi, jakie przyjęto kryteria tej oceny? Bardziej odpowiednie jest sformułowanie celu na stronie 4.

3. Wnioski zamieszczone w rozprawie mają charakter bardzo szczegółowy, odnoszący się wyłącznie do warunków przeprowadzonego eksperymentu.

Sądzę zatem, że celowym byłoby ich uogólnienie w nawiązaniu do postawionego celu i tezy pracy.

Powyższe uwagi krytyczne mają charakter dyskusji i nie zmniejszają merytorycznej wartości rozprawy jako całości.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Recenzowana rozprawa pt. „Analiza starzenia fizycznego kotłów energetycznych" ma znaczącą wartość poznawczą i wnosi ważne treści do problematyki podwyższenia trwałości elementów urządzeń energetyki cieplnej. W szczególności Autor opracował oryginalną metodę badań zużycia korozyjnego w warunkach rzeczywistych atmosfery kotła energetycznego. Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością metod badań naukowych, zwłaszcza doświadczalnych. Na tej podstawie mogę stwierdzić, że mgr inż. Piotr Nowak jest w pełni przygotowany do samodzielnej pracy badawczej w dyscyplinie **eksploatacja i budowa maszyn.**

Biorąc pod uwagę, że recenzowana rozprawa przekracza przeciętny poziom prac doktorskich co do zakresu badań doświadczalnych oraz z uwagi na to, że posiada wyjątkowe walory wdrożeniowe, wnioskuję o jej wyróżnienie.

Podsumowując stwierdzam, że Doktorant spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukwym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki". Dlatego wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Piotra Nowaka do publicznej obrony jego rozprawy.