

Białystok, 7.09.2023 r.

Prof. dr hab. inż. Jan Piwnik
Uniwersytet WSB Merito Gdańsk
Wydział Informatyki I Nowych Technologii

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Konrada Tobota pt. „Natryskiwanie termiczne powłoki NiCr wzbogaconych Re”.

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Tomasz Chmielewski, Politechnika Warszawska

Promotor pomocniczy: dr inż. Agata Strojny-Nędza, Politechnika Warszawska

Podstawa opracowania recenzji: pismo Dziekana Wydziału Mechaniczno-Technologicznego Politechniki Warszawskiej z dnia 08.08.2023 r.

1. Wybór problematyki i cel pracy

Współczesne normy środowiskowe w energetyce wymagają od producentów instalacji kotłowych wysokiej sprawności i ograniczeń emisji spalin do atmosfery. Związany z tym wzrost temperatur i ciśnień oraz korzystanie z biopaliw o stochastycznych właściwościach wymusza stosowanie trwałych powłok bez deterioracji termicznej. Ma to ścisły związek z ograniczeniem emisji NO_x i wzrostem sprawności energetycznej kotłów. Praca w warunkach ekstremalnych wykładniczo potęguje zużycie powierzchni roboczych kotła. Składa się na to głównie zużycie korozyjno-erozyjne, zmęczenie cieplne, pełzanie i korozja postojowa. Skutki zużycia objawiają się zmniejszeniem grubości ścian rur, nadmiernymi odkształceniami, rozwarstwieniem, rozwojem pęknięć i innymi destrukcyjnymi efektami, które prowadzą do awaryjnych postojów kotłów.

Pomimo licznych badań doświadczalnych, nowych rozwiązań materiałowych (wykorzystywanie stali martenzytycznych), spawalniczych metod modyfikacji powierzchni,

natryskiwania cieplnego, nie zdołano zapewnić wymaganych właściwości powłoki zabezpieczającej.

Praca ma charakter doświadczalny i dotyczy technologii wytworzenia, badania i zastosowania nowego materiału powłokowego, stosowanego wcześniej w technice lotniczej.

Nowy materiał stworzony adekwatnie do warunków eksploatacji i zniszczenia zawiera dodanie renu do osnowy nadstopu niklu.

Po podsumowaniu stanu wiedzy w tym zakresie i na podstawie własnego dorobku wybrano stop niklowo-stopowy (80% Ni, 20% Cr) w postaci proszku. Dodatkiem stopowym podwyższającym trwałość powłoki ochronnej był ren. Następnie sformułowano cel pracy.

Celem pracy było opracowanie technologii natryskiwania cieplnego powłok ochronnych na fragmenty ścian szczelnych kotłów energetycznych dla nowego materiału w postaci proszku Ni-Cr z dodatkiem Re. Program badań obejmował trzy etapy wraz z aplikacją otrzymanych powłok w kotłach z wykonaniem prób termicznych, tribologicznych, przyczepności, twardości oraz prób eksploatacyjnych.

Uważam, że podjęta w rozprawie problematyka i cele pracy są naukowo aktualnym i trudnym zadaniem termo-mechaniki powłok instalacji kotłowych. Mają przy tym kluczowe praktyczne znaczenie dla niezawodności systemu energetycznego.

2. Ocena merytoryczna i formalna

Rozprawa zawiera 149 stron i składa się z części opisowej i badawczej. Zamieszczona bibliografia zawiera 90 pozycji z czego większość stanowią aktualne publikacji zagraniczne.

Praca została podzielona na 8 rozdziałów. Opis stanu wiedzy zawierają rozdziały 1, 2 i 3. Są one napisane jasno i świadczą o dobrym rozeznaniu i rozumieniu problematyki mechanizmów zużycia kotłów i technologii nanoszenia powłok. Kolejne rozdziały w większości prezentują wyniki badań własnych. W rozdziale 4 przedstawiono oryginalny cel pracy i program badań. Rozdział 5 zawiera charakterystyki powierzchni HVOF, powłoki plazmowe, mikrostruktury różnych powłok oraz wyniki obszernych badań wytrzymałościowych próbek, twardości powłok, badania właściwości cieplnych. Rozdział 6 prezentuje oryginalne rezultaty aplikacji przemysłowych, z których na uwagę zasługują badania szczelności powłok i próby eksploatacyjne w kotle. Podsumowanie, dyskusję wyników i wnioski zawierają rozdziały 7 i 8.



Uważam, że pokazana w rozprawie struktura i rezultaty badań doświadczalnych i aplikacyjnych zasługują na wysoką ocenę naukową. Praca jest napisana poprawnym językiem i dopracowana edycyjnie.

3. Elementy nowości

Rozprawa zawiera oryginalne elementy o charakterze naukowym, innowacyjnym i praktycznym. Można tu wymienić następujące ważniejsze osiągnięcia Autora:

- a) Wprowadzenie renu do roztworu stopu niklowo-chromowego w procesie mechanicznej syntezy. Pokonano tu trudności z wysoką gęstością właściwą renu, ograniczoną odkształcalnością i brak zdolności do powstawania dyslokacji oraz wysoką temperaturę topnienia.
- b) Powłoki Ni-Cr + Re natryskiwane metodą płomieniową naddźwiękową HVOF charakteryzują się bardzo wysoką przyczepnością rzędu 60 MPa. Daje to praktyczną możliwość aplikacji przemysłowej w kotle.
- c) Próbki technologiczne realizowane w pracującym kotle przebywające w strefie o temperaturze 400°C nie wykazywały oznak zużycia oraz degradacji struktury po miesiącu eksploatacji.

Do innych osiągnięć Autora należą niewątpliwie wszystkie pozostałe prezentowane rezultaty badań i działań organizacyjnych związanych z wdrożeniem nowych powłok z nowym oryginalnym materiałem.

4. Uwagi krytyczne

Pracę cechuje dobry poziom merytoryczny. Doktorant nie ustrzegł się jednak pewnych niedociągnięć:

- a) W części dotyczącej opisu cech nowych materiałów na powłoki nie poruszył istotnego zagadnienia związku struktury materiału powłoki z emisją i absorpcją promieniowania.
- b) Nie poddano również chociażby wstępnej dyskusji charakteru związków konstytutywnych złożonego stanu naprężenia z odkształceniem i temperaturą

w nowym oryginalnym materiale Ni-Cr + Re w procesie uformowania się jego aplikacyjnej struktury. Wspomniana problematyka termo-mechaniki powłok jest bardzo trudna jednak nie powinna być pominięta w rozprawach naukowych związanych z aplikacją nowych materiałów powłok.

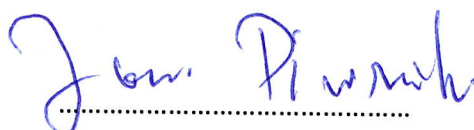
Powyższe uwagi nie obniżają mojej wysokiej oceny pracy i wynikają prawdopodobnie z braku doświadczenia publicystycznego Autora.

5. Wniosek końcowy

Mgr inż. Konrad Tobota wniósł oryginalne elementy do inżynierskiej, doświadczalnej termo-mechaniki materiałów powłok. Wykazał to opracowaniem i zastosowaniem nowego materiału na powłoki, który zawiera dodanie renu do osnowy nadstopu niklu.

Wykonał dużo skomplikowanych doświadczeń wymagających opanowania, zaawansowanych technik badawczych związanych z wyznaczeniem technologicznych i mechanicznych właściwości nowego, oryginalnego tworzywa. Doktorant udokumentował dobrą wiedzę naukową i techniczną z zakresu konstrukcji kotłów i własności termo-mechanicznych materiałów. Wykazał wykorzystanie otrzymanych wyników w realnej eksploatacji kotłów.

Uwzględniając oryginalne wyniki Doktoranta i możliwość ich wdrożeń w przemyśle energetycznym uważam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymagania aktualnej Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna i wnioskuje o dopuszczenie mgr inż. Konrada Toboty do publicznej obrony.


.....