

Imię i nazwisko recenzenta:

10.12.2024, Katowice

Dr hab. inż. Grzegorz MOSKAL, Prof. PŚ

Dane adresowe:

Politechnika Śląska

Wydział Inżynierii Materiałowej

40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8

Recenzja pracy doktorskiej

Mgr inż. Kamil Bochra

pod tytułem: „Warstwy i powłoki funkcjonalne do zastosowań w mechanizmach kosmicznych”

przygotowanej pod kierunkiem:

Dr hab. inż. Jerzy Robert Sobiecki, Prof. PW

(imię i nazwisko promotora)

n/d

(imię i nazwisko promotora / promotora pomocniczego)

1. Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej.

Podstawa prawna art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.).

Opinia dotycząca przedmiotowej rozprawy doktorskiej zawiera trzy elementy:

- 1) ocenę wraz z uzasadnieniem czy przedstawiona do oceny rozprawa doktorska wskazuje na ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria materiałowa;
- 2) ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska wykazuje na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta ubiegającego się o nadanie stopnia doktora;
- 3) ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa przedstawia oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

2. Charakterystyka i opis rozprawy

Zdaniem Recenzenta, przedstawiona do oceny dysertacja doktorska Pana mgr inż. Kamila Bochry, wskazuje, iż jej **Autor posiada niezbędną wiedzę teoretyczną** predestynującą Go do ubiegania się o stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Wiedza ta ma charakter ogólny z zakresu inżynierii materiałowej jak również szczegółowy ukierunkowany stricte na merytoryczny zakres prowadzonych analiz.

Uzasadnienie:

Mgr inż. Kamil Bochra w swej pracy przedstawił zagadnienie dotyczące powłok ochronnych dedykowanych zastosowaniom w przestrzeni kosmicznej. Problematyka to realizowana była w ramach Programu Doktoraty Wdrożeniowe. W związku z czym główny nacisk położony został na kwestie rozwiązania problemu praktycznego, a mniejszy na kwestie naukowego opisu zagadnienia. Spowodowało to, że sama dysertacja ma dość specyficzną budowę, nietypową dla standardowych prac doktorskich. W wielu miejscach ma charakter raportu z badań niż rozprawy o charakterze naukowym. W pierwszej kolejności należało zatem rozważyć, czy przedstawiona forma dysertacji pozwala na potwierdzenie faktu ogólnej wiedzy Doktoranta w zakresie inżynierii materiałowej, czy też nie. Zdaniem Recenzenta, charakter rozprawy i przedstawionych w niej informacji, potwierdza ten fakt i z całą mocą można stwierdzić, że Pan mgr inż. Kamil Bochra wykazuje się ogólną wiedzą z dyscypliny inżynieria materiałowa.

Ma ona charakter głównie praktyczny, ale elementy naukowe są również wyraźnie wyatutowane. Ponadto, wyniki Jego pracy w chwili obecnej są weryfikowane w praktycznych warunkach eksploatacji, w otwartej przestrzeni kosmicznej. Każdemu wątpiącemu w naukowy charakter tej pracy dać należy to pod rozwagę i zadać pytanie, czy wyniki jego badań znalazły tak efektowne zastosowanie.

Notabene, Pan mgr inż. Kamil Bochra już we wstępie swej pracy, próbuje wykazać się talentem saperskim, rozbijając tę minę, jasnym stwierdzeniem, czego możemy się spodziewać.

Wracając jednak do głównego tematu recenzji, potwierdzam, że zagadnienie to w pełni wpisuje się w zakres merytoryczny objęty definicją inżynierii materiałowej, niezależnie od autora tej definicji. Autor dysertacji podzielił swe badania na dwa podstawowe obszary tj. obszar kwalifikacyjny oraz badawczo-rozwojowy.

W pierwszym, z obszarów skupiono się na przeglądzie możliwości technologicznych zastosowania różnego typu powłok komercyjnych, jako sposobu ochrony elementów anteny sondy kosmicznej, wyekspediowanej finalnie w dalekie zakątku Układu Słonecznego. Kwalifikacja dotyczył powłok typu DLC osadzonych na tzw. „tabular boom” o profilu otwartym, wykonanych z brązu berylowego. Dodatkową funkcją tych powłok było utrzymanie odpowiedniego poziomu właściwości termo-optycznych anten urządzenia RWI. Główny cel wdrożeniowy związany był więc z kwalifikacją materiału podłoża i powłoki z punktu widzenia spełnienia wymagań trwałości oraz zachowania właściwości funkcjonalnych w warunkach skrajnych oddziaływań środowiskowych podczas startu rakiety nośnej oraz długotrwałej eksploatacji w warunkach przestrzeni kosmicznej.

Konsekwencją szerokich badań prowadzonych w tym zakresie przez Doktoranta, była „rozwojowa” kontynuacja tego zagadnienia (w tym właśnie punkcie mamy do czynienia z naukowym charakterem dysertacji doktorskiej) realizowana na bazie innego typu systemów powłokowych. Zakres prowadzonych badań był powtórzeniem tych prowadzonych w przypadku powłoki DLC, a w pewnych aspektach poszerzonych np. w zakresie oceny wpływu wstępnej obróbki materiału podłoża na finalną topografię powłoki, pomiarów mikrotwardości, oceny chropowatości i wielu innych. Ponadto jako materiał podłoża zastosowano nie tylko brąz berylowy, ale w niektórych wariantach powłoki osadzono na materiał kompozytowy typu CFRP. Miało to na celu poszerzenie potencjału aplikacyjnego opracowywanych rozwiązań

technologicznych. Finalnym efektem pracy o ewidentnie naukowym charakterze było wykazanie możliwości kontroli właściwości termo-optycznych, a co za tym idzie uzyskanie pasywnej kontroli nad zakresem temperatury, do których mogą nagrzewać się pokryte elementy w warunkach pracy w przestrzeni kosmicznej, przy równoczesnym zachowaniu innych założonych cech funkcjonalnych tj. odporności na zimne zgrzewanie taśm z brązu berylowego, odporności na zużycie ściernie, czy też zapewnienie wysokiej przewodności powierzchniowej. Autor dysertacji wykazał również pozytywny wpływ obróbki powierzchniowej podłoża na trwałość zastosowanych systemów powłokowych.

Jak wspomniano wcześniej, Kandydat do stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa nie zawarł w swej dysertacji klasycznego przeglądu literaturowego obejmującego tematykę doktoratu, co jest bezdyskusyjnie Jego błędem. Brakuje więc punktu odniesienia i jasnego wykazania, że prowadzone badania stanowią nową wiedzę w badanym zakresie merytorycznym. Pozwoliłoby to szerszej publiczności, a nie tylko Recenzentom, na docenienie wkładu pracy i poziomu osiągniętych wyników, w kontekście prac prowadzonych w innych zespołach badawczych w tym zakresie. **Dlatego, proszę Doktoranta aby ustosunkował się do tej kwestii, przedstawiając swoje badania na tle podobnych udostępnionych w literaturze fachowej, wskazując na elementy innowacyjne lub bardziej zaawansowane rozwiązania technologiczno-materiałowe.** Pamiętajmy jednak, że opracowane przez Pan mgr inż. Kamil Bochra rozwiązania, przemierzają właśnie w chwili obecnej odległości w przestrzeni kosmicznej, które są dla przeciętnego człowieka niemierzalne.

Tak zwana część literaturowa to kilka stron wykazu różnego typu powłok i ich dostawców. Nie kończy się ona podsumowaniem, z którego wynikałaby motywacja prowadzonych badań. Ten element znajduje się w rozdziale wcześniejszym, gdzie Autor pokrótce przedstawił cele misji JUICE, dotyczącej eksploatacji Jowisza i jego księżyców. Głównym elementem tego opisu była jednak charakterystyka wymagań stawianych antenom urządzenia RWI, w tym tzw. tabular boomów wraz z powłokami.

Kolejna część oceny dotyczy kwestii **umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta** ubiegającego się o nadanie stopnia doktora. Ocena tego kryterium obejmuje kwestie doboru i analizy zagadnienia badawczego, w tym krytycznej analizy dostępnej literatury naukowej, umiejętności zidentyfikowania obszarów nowych lub dyskusyjnych z punktu widzenia ogólnej wiedzy naukowej i jej interpretacji, określenia celu prowadzonych badań i zakresu zastosowanej metodyki badawczej oraz umiejętności analizy uzyskanych wyników oraz formułowania wniosków.

Analizując kwestię zdolności Doktoranta do w pełni samodzielnego prowadzenia badań, należy przyznać, że doktoraty o charakterze wdrożeniowym, w tym dysertacja Pana mgr inż. Kamila Bochry, wpisują się w ten punkt kryterialnej oceny same w sobie. W tym przypadku Doktorant nie tylko miał dostęp do solidnego zaplecza laboratoryjnego, badawczego i technologicznego, ale potrafi również z niego w sposób efektywny korzystać, prawidłowo planując badań, realizując je w sposób poprawny metodycznie oraz prawidłowo je interpretując. Co do umiejętności krytycznej analizy literaturowej, związanej z analizowanym problemem, nie sposób się wypowiedzieć. Stąd też umiarkowany ilościowo zakres literatury,

stanowiącej odnośniki do ocenianej pracy. Niemniej, należy podkreślić, że z merytorycznego punktu widzenia dobór literatury jest prawidłowy i nie budzi zastrzeżeń.

Uzasadnienie:

Zakres metodyczny zrealizowanych badań był bardzo szeroki. Obejmował dobór materiału badawczego w postaci taśm o różnej grubości oraz tabular boomów wykonanych z brązu Cu₂Be. W ramach badań rozwojowych materiały te poddano obróbce powierzchniowej. Przy czym efekty tej obróbki oceniano wizualnie, co jest mocno zaskakujące. Dotyczy to również oceny jakości powłok PVD. **Konieczna jest zatem odpowiedź, dlaczego nie zastosowano choćby prostych metod opisu topografii powierzchni? Ponadto, jaki był wpływ grubości taśm na uzyskane wyniki badań?**

W ścieżce kwalifikacyjnej wykonano szereg badań mikrostrukturalnych oraz z wiązanych z oceną właściwości funkcjonalnych. Ciekawym obszarem badawczym, była ocena odporności na cykle ciepło-próżniowe oraz na starzenie radiacyjne. Stanowią one nowatorski zakres badań, rzadko spotykany w inżynierii materiałowej. W przypadku ścieżki nazwanej przez Doktoranta ścieżką badawczo rozwojową, wprowadzono nowy materiał w postaci kompozytu CFRP, który poddano badaniom starzeniowym w plazmie tlenowej.

Istotne wątpliwości pojawiają się w obszarze badań SEM/EDS, zwłaszcza w przypadku kryteriów akceptacji np. wykonanie zdjęć, brak nieoczekiwanych defektów, skład chemiczny. Rodzi się tu pytanie – czym są nieoczekiwane a czym oczekiwane defekty? Czego się spodziewa Doktorant po ocenie EDS powłok DLC? Podobnie jest w przypadku badań chropowatości, czy też twardości lub odporności na zimne zgrzewanie i odporności na cykle cieplne na próbkach itd. – po co je robić skoro każdy wynik jest akceptowalny? W pozostałych przypadkach kryterium oceny stanowiła obecność wad powłoki po testach lub niewielki stopień zużycia powłoki. Tyle, że nie określono jakie to wady i jaki stopień zużycia jest istotny. Braki te znalazły odzwierciedlenie w opisie wyników badań, gdzie Doktorant stwierdza np., że grubość uzyskanych powłok jest akceptowalna. Na jakiej podstawie tak twierdzi?

Zbrodnią metodyczną jest natomiast określanie zawartości tlenu, azotu i węgla (szkoda, że nie wodoru do kompletu), używając metody EDS. Pozostawie to bez komentarza.

Pomimo tych dość ważnych zastrzeżeń, można przyjąć, iż Doktorant panuje nad procesem badawczym i potrafi zinterpretować uzyskane wyniki w sposób prawidłowy. Niekoniecznie idzie mu natomiast określenie celowości pewnych badań oraz ocena bezwzględna uzyskanych wyników. Chodzi tu przede wszystkim o jasne stwierdzenie, czy uzyskane parametry są dobre czy złe, z punktu widzenia przewidywanego zastosowania.

Ostatnia część oceny stanowi kwestia **oryginalności rozwiązania problemu naukowego.**

Niewątpliwym dowodem na to jest fakt, iż satelita leci i jeszcze nie utracono z nim kontaktu. Potwierdza to skuteczność zaproponowanego rozwiązania materiałowego i technologicznego. Pozostałe aspekty, oceniane nawet krytycznie, tracą swą wagę i znaczenie. Pamiętać należy także o wdrożeniowym charakterze tego doktoratu. Istotą tej formy uprawiania nauki nie są niezmierzone ilości wyników,

zdjęć i analiz, w których orientuje się jedynie ich autor (o ile w ogóle ma to miejsce). Istotą jest konkluzja, że zaproponowane działania mają mieć sens ekonomiczny i mają przede wszystkim działać. A w tym przypadku mamy z tym bezsprzecznie do czynienia.

3. Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki określonej w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn.zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

.....
(podpis recenzenta)