

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Łagoda

Opole, 2024-08-12

Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn

Wydział Mechaniczny

Politechnika Opolska

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Chrzanowskiego - „Badania wybranych właściwości użytkowych napoin wytworzonych przyrostową technologią laserową LMD na stali 1.4923”

Recenzję pracy wykonano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej, prof. dra hab. inż. Jerzego Małachowskiego z dnia 21 czerwca 2024 r. Promotorem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Zdzisław Bogdanowicz, a promotorem pomocniczym dr inż. Wojciech Napadłek.

1. Charakterystyka pracy

Problem regeneracji elementów maszyn, a w tym łopatek turbin jest tematem cały czas aktualnym, chociaż znanym i rozwijanym ostatnio coraz częściej. Regeneracja poprzez napawanie technikami laserowymi jest technologią rozwijaną ostatnimi czasami. Dzięki temu można w stosunkowo tani sposób regenerować odpowiedzialne części zamiast je wykonywać od nowa. W tym momencie istotna jest wytrzymałość takich elementów. W związku z tym trzeba wykonać liczne badania eksperymentalne i później przeanalizować uzyskane wyniki. W związku z tym podjęty problem przez doktoranta Pana mgr inż. Wojciecha Chrzanowskiego idealnie wpisuje się w takie analizy. Sam tytuł pracy nie jest najlepszy bo mówi o badaniach, co samo w sobie nie jest nauką. Jednak analiza zawartości pracy doktorskiej wskazuje na charakter naukowy recenzowanej pracy doktorskiej. Można by było skrócić temat pracy

doktorskiej (bez słowa badania) na przykład do „Wybrane właściwości użytkowych napoin wytworzonych przyrostkową technologią laserową LMD na stali 1.4923”.

Praca doktorska została zawarta na 216 stronach. Wielkość ta przekracza rozmiar standardowej liczby stron dla tego rodzaju prac. Praca podzielona jest na 9 numerowanych rozdziałów. Dodatkowo na początku umieszczono wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń. Niestety spis ten nie jest napisany w kolejności alfabetycznej. Warto byłoby też rozdzielić skróty i oznaczenia. Jest to też spis tylko wybranych oznaczeń. W pracy można znaleźć oznaczenia, które nie zostały wyjaśnione ani w spisie, ani w tekście. Praca zakończona jest spisem literatury w liczbie 113. Część pozycji literatury to strony www, gdzie nie podano daty dostępu. W pracy na końcu nie umieszczono streszczenia w języku polskim i angielski. Dobrym zwyczajem jest umieszczenie takich streszczeń.

Wprowadzenie z opisem teoretycznym problemu zostało przez Autora praktycznie podzielone na 4 rozdziały co zajęło 44 strony, co jest właściwe. W pierwszym zatytułowanych „*Wprowadzenie*” przedstawiono krótko podstawowe informacje o pracy. W rozdziale tym przedstawiono kilka podstawowych informacji, jednak nie odnosząc się do literatury związanej z tematem. Właśnie po tym umieszczono rozdział drugi dotyczący techniki przyrostowej oraz rozdział trzeci związany z przedstawieniem budowy i analizy uszkodzeń łopat w turbinach parowych. Obydwa rozdziały zakończono podsumowaniem. To pozwoliło Autorowi w rozdziale 4 przedstawić genezę, cel i zakres pracy. Tą część związaną z całym wprowadzeniem do zasadniczej części pracy zakończonej sformułowaniem celu oceniam bardzo pozytywnie. Następnie w rozdziale 5 została przedstawiona metodyka własnych badań. Metodyka ta została przedstawiona w trzech rozdziałach. Pierwszy dotyczy wytwarzania napoin technologią LMD z proszku HS6-5-2c a drugi dotyczy badań porównawczych próbek wytworzonych z warstwą również technologią LMD i z materiału podłoża. Ostatni trzeci podrozdział dotyczy oceny niepewności pomiaru co jest cenne i brakuje w licznych pracach. Autor niniejszej rozprawy pamiętał umieścić te informacje w swojej rozprawie. W rozdziale 6 przedstawiono badania wybranych właściwości stali 1.4923 z którego to materiału wytworzono łopaty turbin parowych. Najciekawszy jest rozdział 7, w którym przedstawiono rezultaty badań i analiz napoin wytworzonych technologią laserową LMD na stali 1.4973. Jest to zarówno rozdział najciekawszy jak i najbardziej wartościowy w pracy. Jednak recenzent ma najwięcej uwag do tego właśnie rozdziału co przedstawiono w uwagach szczegółowych do pracy. W rozdziale 8 przedstawiono praktyczne zastosowanie napawania fragmentu łopaty co jest dużą wartością dodaną do rozprawy doktorskiej. W ostatnim numerowanym rozdziale 9 przedstawiono podsumowanie i wnioski. Samo podsumowanie jest wartościowe, gdzie Autor jasno na str.205

przedstawił swoje najważniejsze osiągnięcia. Następnie doktorant przeszedł do sformułowania wniosków końcowych. Tutaj pojawia się jednak problem, gdyż sformułował aż 17 wniosków co jest zdecydowanie za dużo. Wniosek 15 został wytłuszczony i wydaje się, że dla Doktoranta on jest najważniejszy. Oczekiwałbym jednak kilku najważniejszych wniosków wynikających z realizacji pracy doktorskiej.

2. Opinia o pracy odnośnie spełnienia warunków ustawowych

2.1. Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej

Bogaty przegląd stanu wiedzy pozwala bez problemu potwierdzić bardzo duże rozeznanie Doktoranta w problemach napawania łopatek turbin w technologii laserowej oraz analiz zarówno strukturalnych jak i wytrzymałościowych.

2.2. Ocena umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Doktorant wykazał się samodzielnością zarówno w zakresie przygotowania jak i przeprowadzenia właściwych badań napoin wykonanych techniką laserową oraz analizy tych badań. Jedynie tytuły rozdziałów niepotrzebnie zawierają słowo „badania” gdyż rozdziały te są szersze. Na uwagę zasługuje stosunkowo bogaty (40 stron) rozdział przedstawiający metodykę własnych badań.

2.3. Ocena oryginalne rozwiązania problemu naukowego

Przedstawione osiągnięcia w ramach poszczególnych rozdziałów wskazują na wkład naukowy niniejszej rozprawy doktorskiej, jej innowacyjność oraz zasadność podjętego tematu.

Pomimo ogólnie pozytywnej recenzji pracy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Chrzanowskiego, co napisano w charakterystyce pracy i najważniejszych osiągnięciach Doktoranta, kilka wątpliwości zamieściłem w charakterystyce pracy, uwagach i pytaniach dotyczących pracy. Zdecydowana większość tych uwag nie wpływa na jakość merytoryczną pracy, ale gdyby Doktorant uniknął tych błędów, pracę czytałoby się lepiej.

3. Uwagi i pytania szczegółowe dotyczące pracy

Część uwag zawarłem w poprzednich punktach. Poniżej przytaczam Inne zauważone błędy lub też pytania:

- na str.1. Zapisano „łączenie ich ze sobą w sposób metaliczny”, na str. 10 zapisano „połączenie w sposób metalurgiczny” Co Autor przez to rozumie?
- na str.7 i 10 powtarza się to samo zdanie „Wytwarzanie przy użyciu maszyn przyrostowych może przebiegać w pełni automatycznie, a rola człowieka może być ograniczona tylko do przygotowania i kontrolowania procesu”.
- na str. 24 napisano żargonowym językiem „w zamierzchłych czasach”.
- na str. 36. Napisano „cyklicznie zmienne prędkości obrotowe generują zmienne naprężenia”. Czy na pewno to Autor chciał napisać? Proszę o wyjaśnienie problemu.
- str. 40 – można znaleźć niedokończone zdanie „...całej turbiny gdy ulegnie”.
- w całej pracy mylone jest nazewnictwo poszczególnych części pracy. Prawidłowe określenia zgodnej z podziałem to: rozdział, podrozdział, punkt, podpunkt.
- w pracach monograficznych jaką jest rozprawa doktorska należy unikać takich skrótów jak wg, ww.
- nie powinno się cytować wzorów jak jeszcze tych wzorów nie było w tekście.
- w pracy jest mowa o erozji. Pojęcie to raczej dotyczy gruntów. Czy w przypadku łopatek nie mamy do czynienia też z kawitacją?
- na str. 75 – napisano „urządzenie zostało objęte normą”. Raczej to powinno być zapisane inaczej.
- w podrozdziale 6.4 napisano, że w tabeli 6.3 zestawiono wartości średnie składów chemicznych. Natomiast w cytowanej tabeli są podane zakresy, a nie wartości średnie.
- W tabeli 7.2 podano twardość HB dla stellitu Co-6 jako 36-45 HRC co nie jest właściwe bez żadnego komentarza.
- w kilku miejscach pracy (str.101, 102, 190) podano zależności funkcyjne $y=f(x)$. Ponieważ zajmujemy się problemami technicznymi a nie matematyką powinno wykorzystywać się symbole fizyczne a nie x, y .
- w kilku miejscach pracy (str.115, 133, 135) napisano o mapach. Zdaniem recenzenta nie jest to właściwe określenie, gdyż zarezerwowane jest dla geografii.
- w punkcie 5.1.17 Autor kilkakrotnie pisze o pomiarach naprężeń. Jak wiadomo naprężenia są niemierzalne. Jest to wielkość obliczeniowa. W związku z tym należy pisać/mówić o wyznaczaniu naprężeń a nie o ich pomiarze.
- na stronie pojawia się $\gamma=0.3$. Wielkość ta nigdzie nie została zdefiniowana Zresztą powinno być oznaczenie v (ni) a nie γ (gamma).
- na str.67 Autor pisze o sile zginającej. Siła nie wywołuje zginania. Zginanie wywołuje siła na ramieniu lub moment.

- zgodnie z rys.5.26 napoina podczas próby zginania jest rozciągana o czym nie napisano w pracy. Czy rozważano przypadek odwrotne, gdzie napoina jest ściskana podczas próby zginania?

- na str.147 i str. 149 odpowiednio w tabelach 7.30 i 7.31 zestawiono wyniki pomiarów i obliczeń uzyskane w trakcie eksperymentu. Niestety wielkości to pomieszano. Najpierw powinny być wielkości zmierzone (np. Siła) a później obliczone (np. Naprężenie). Tutaj rodzi się pytanie czy moduł Younga dla napoiny i materiału rodzimego jest taki sam? Jeśli nie to w takim przypadku naprężenie dla materiałów w postaci plateru nie wyznacza się jako siła/pole przekroju. Czy ten problem był analizowany?

- w punkcie 7.5.2 pracy można znaleźć kilka nieścisłości i błędów. Autor pisze o naprężeniu i odkształceniu zginającym. Jest to za każdym razem odpowiednio naprężenie i odkształcenie normalne. Nie ma takiego pojęcia jak odpowiednio naprężenie i odkształcenie zginające. To samo dotyczy modułu Younga. Rodzi się pytanie jak Autor wyznaczył te wielkości. Prawdopodobnie jako moment zginający/wskaźnik przekroju na zginanie. Takie podejście jest jednak możliwe tylko i wyłącznie w przypadku idealnej sprężystości. Jednak w badaniach mamy do czynienia z plastycznością. To można zauważyć w dalszej części pracy. Zresztą na str.163 Autor pisze o dużej plastyczności materiału (str.162-rys.7.58, 163-pod rys.7.59). Ta część pracy powinna być uzupełniona o wyjaśnienie, że wyznaczone wielkości są w oparciu o model idealnie sprężysty. Wtedy uzyskane wyniki nie rodziłyby wątpliwości przy czytaniu i interpretacji pracy.

Ponadto w pracy można znaleźć nieliczne błędy interpunkcyjne, których w niniejszej recenzji nie będę już przywoływał.

4. Uwagi i wnioski ogólne

Z przedstawionej charakterystyki pracy oraz uwag, czy też pytań uzupełniających dotyczących pracy, wynika, że rozprawa wskazuje na bardzo duże rozeznanie problemu postawionego w pracy w zakresie wykonania, badania i analiz napoin wytworzonych przyrostową technologią laserową. Dotyczy to zarówno uwag merytorycznych, jak i redakcyjnych w tym zakresie zrealizowanych przez mgra inż. Wojciecha Chrzanowskiego. Uwagi zawarte w recenzji mogą być przedmiotem analiz w dalszej działalności badawczej i publikacyjnej Doktoranta, a także mogą być przydatne w redagowaniu kolejnych prac naukowych. Tu należy zwrócić uwagę, że część uwag ma charakter pytań i sugestii do wykorzystania na przyszłość.

Po analizie pracy można pracę pozytywnie ocenić w zakresie zarówno ogólnej wiedzy teoretycznej, umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, jak i znalezienia oryginalnego rozwiązania problemu naukowego. Dodatkowo należy wskazać, że recenzowana praca doktorska jest pracą interdyscyplinarną i mogłaby być ulokowana w dwóch aktualnie funkcjonujących dyscyplinach: Inżynieria Materiałowa i Inżynieria Mechaniczna. Z uwagi na to, że kwestie materiałowe są w pracy potraktowane drugoplanowo, to praca najlepiej lokuje się w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

5. Wniosek końcowy

Całość oceny rozprawy doktorskiej umożliwia sformułowanie wniosku o spełnienie w stopniu wystarczającym warunków określonych Ustawą *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 roku z późniejszymi zmianami i dopuszczenie rozprawy mgr inż. Wojciecha Chrzanowskiego pod tytułem „Badania wybranych właściwości użytkowych napoin wytworzonych przyrostkową technologią laserową LMD na stali 1.4923” do publicznej obrony pracy doktorskiej na Wojskowej Akademii Technicznej w Dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Z poważaniem

