

prof. dr hab. inż. Tomasz Chmielewski
Instytut Technik Wytwarzania
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Warszawska
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa
e-mail: tomasz.chmielewski@pw.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Mateusza Kiełbickiego

pt.

„Metodyka projektowania i wytwarzania systemów mocowań przyrządów
spawalniczych wytwarzanych technikami przyrostowymi dla przemysłu lotniczego”

Promotor Pan prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik
Promotor pomocniczy Pani dr inż. Joanna Woźniak

Podstawa opracowania

Niniejsza recenzja została wykonana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej.

1. Tytuł rozprawy doktorskiej - aktualność podjętego tematu

Praca dotyczy nowej koncepcji projektowania i budowy ustalających przyrządów spawalniczych w oparciu o twórcze zastosowanie chłodzenia konformalnego przy użyciu do ich wytwarzania techniki przyrostowej. Głównym celem pracy jest opracowanie metodyki projektowania i wytwarzania systemów mocowania i ustalania w przestrzeni roboczej części spawanych, w tym przypadku związanych z przemysłem lotniczym.

Rozprawa jest przykładem innowacyjnego zastosowania techniki przyrostowej i wskazania nowego obszaru jej zastosowania ze szczególnym podkreśleniem przewagi nad konkurencyjnymi technikami wytwarzania, co istotnie wnosi do rozwoju inżynierii mechanicznej w zakresie nowej koncepcji projektowania oprzyrządowania spawalniczego posiadającego konformalne systemy wydajnego chłodzenia.

Praca jest właściwie ulokowana w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna.

2. Charakterystyka i ocena rozprawy - ocena metodyczna (ocena układu rozprawy doktorskiej, ocena zastosowanego piśmiennictwa)

W swojej rozprawie doktorskiej Pan mgr inż. Mateusz Kielbicki przeprowadził szeroką analizę stanu zagadnienia w oparciu o źródła literaturowe oraz stan techniki w praktyce przemysłu lotniczego. Przeprowadzona w rozdziale 2. analiza zagadnienia obejmuje szeroki zakres od kwestii konstrukcji oprzyrządowania, różnych rodzajów systemów mocowania, stosowanych materiałów konstrukcyjnych, zastosowania druku 3D w wytwarzaniu oprzyrządowania procesów technologicznych, charakterystyki metod spawania oraz wpływu chłodzenia konformalnego na warunki pracy narzędzi w środowisku cykli cieplnych.

Analiza literatury wskazuje, że pomimo znacznego postępu w technice oprzyrządowania, brakuje wyników badań dotyczących konformalnych kanałów chłodzących w oprzyrządowaniu technologicznym, zwłaszcza w dziedzinie szeroko rozumianej inżynierii spajania. Dostępne w literaturze dane dotyczą informacji związanych z kanałami chłodzącymi konformalnymi stosowanymi w technice form wtryskowych, pomimo analogii pracy w warunkach cyklu cieplnego bezpośrednie przeniesienie tej wiedzy wprost do urządzeń spawalniczych nie jest możliwe i wymaga badań, które w swojej pracy przeprowadził doktorant.

W rozdziale 3. Sformułowano cel pracy i opisano jej zakres, szeroko uzasadniono wybór tematu badań, przedstawiono hipotezę pracy, opisano przebieg procesu badawczego i scharakteryzowano przedsiębiorstwo, w którym realizowano wdrożenie.

W rozdziale 4. szeroko opisano złożoną metodykę badawczą składającą się z kilku wyodrębnionych etapów takich jak: opracowanie modelu badawczego 3D-CAD, opracowanie prototypu koncepcyjnego, opracowanie prototypu numerycznego, opracowanie prototypu wizualnego, opracowanie prototypu technologicznego, wykonanie prototypu technicznego, przeprowadzenie symulacji komputerowych, przeprowadzenie badań laboratoryjnych, przeprowadzenie badań na prototypie w warunkach produkcyjnych oraz analiza uzyskanych wyników i sformułowanie wniosków.

Rozdział 5 opisuje realizację badań w tym: opis modeli badawczych, symulacje MES, symulacje rozkładu temperatury i prędkości chłodzenia (cyklu cieplnego), symulacje wytrzymałościowe, badania laboratoryjne, badania na wydziale produkcyjnym podmiotu wdrażającego, analizę wyników badań w warunkach produkcyjnych.

W rozdziale 6. zawarto podsumowanie rozprawy i wnioski

Układ rozprawy doktorskiej jest klasyczny i ma prawidłową budowę. Rozprawa podzielona jest na 6 rozdziałów numerowanych i części nienumerowane jak: bibliografia, streszczenie w języku polskim i angielskim.

Opracowanie liczy 129 stron. Spis literatury obejmuje 184 pozycje. Przegląd piśmiennictwa jest wykonany starannie. Cytowane pozycje literaturowe są aktualne i obejmują artykuły z czasopism naukowych, standardy, materiały konferencyjne i opracowania książkowe. Większość pozycji literaturowych stanowią aktualne publikacje z międzynarodowego obiegu literatury, w tym spis zawiera cztery współautorskie publikacje naukowe Doktoranta ściśle powiązane z treścią doktoratu. W przeprowadzonych badaniach racjonalnie zaplanowano eksperyment i prawidłowo dobrano metody badawcze.

Koncepcja badań doświadczalnych została sformułowana przez Doktoranta poprawnie. Realizację badań oceniam pozytywnie z kilkoma uwagami wymienionymi w dalszej części opinii. Eksperymentalna część rozprawy jest przejrzysta, zawiera szereg wartościowych wyników i informacji naukowych oraz wnosi do wiedzy praktycznej.

Doceniam trafnie przyjęty zakres eksperymentu oraz dużą liczbę przeprowadzonych badań, a szczególnie eksperymentów w zakresie modelowania komputerowego, w których właściwie wykorzystano dostępne narzędzia i potencjał symulacji komputerowych nowoczesnego podejścia inżynierskiego stosowanego w fazie prototypowania. Forma prezentowania wyników jest właściwa i czytelna.

3. Najważniejsze uwagi ogólne i szczegółowe

Generalnie, praca napisana jest dobrym językiem. Autor nie uniknął jednak niedoskonałości edytorskich, uwagi redakcyjne zaznaczyłem w treści rozprawy i przekazałem autorowi.

Uwagi szczegółowe do treści pracy przedstawiam poniżej:

1. Autor stosuje nietechniczne określenie „tempo chłodzenia”.
2. W kilku miejscach w tekście pracy Autor błędnie utożsamia technikę z technologią (technologia to w języku polskim warunki realizacji procesu).
3. Choć można zrozumieć sformułowanie ciasna tolerancja, czy ściśle tolerowanie (str. 23), to nie są to określenia technicznie właściwe.
4. Str. 28 błędne utożsamienie masy i wagi.
5. Tytuł podrozdziału 2.4.1. brzmiący „Technologie druku 3D z metalu w oprzyrządowaniu” jest sformułowany niewłaściwie.
6. Str. 34 zdanie niezrozumiałe „W kontekście procesów addytywnych, wykorzystanie sproszkowanego metalu jako materiału bazowego nie zawsze wymaga bezpośredniej interakcji z samym proszkiem metalicznym”.

Poniżej wymieniono uwagi szczegółowe o charakterze dyskusyjnym z prośbą do Autora rozprawy o ustosunkowanie się:

1. Na stronie 30 Autor przekonuje, że elementy wytworzone metodą przyrostową tzw. metodą druku 3D „posiadają wszystkie cechy fizyczne charakterystyczne dla danego materiału co ich konwencjonalne odpowiedniki ...”. Proszę o wyjaśnienie.

2. Na stronie 31 Autor twierdzi, że podczas stosowania metody UAM, „Proces ten nie powoduje przemiany fazowej, ponieważ materiał nie ulega stopieniu”. Proszę o rozwinięcie i wyjaśnienie tej myśli.
3. W pracy porównywano różne warianty konstrukcyjne chłodzonego uchwytu spawalniczego. Zapewnienie porównywalności, odtwarzalności i powtarzalności eksperymentu wymaga precyzyjnego opisanie warunków. Nie wskazano wartości temperatury początkowej przedmiotów spawanych i uchwytu. Proszę o komentarz.
4. W jakim celu stosowano dokładność zapisu wartości temperatury do 0,001 °C?
5. W jakim celu stosowano dokładność zapisu wartości naprężenia do 0,0001 MPa?
6. W wnioskach autor formułuje tezę o zmniejszonym zużyciu uchwytów chłodzonych konformalnie, czy przeprowadzono eksperyment lub testy produkcyjne jednoznacznie potwierdzające słuszność tego wniosku?

4. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Mateusza Kiełbickiego nt. „Metodyka projektowania i wytwarzania systemów mocowań przyrządów spawalniczych wytwarzanych technikami przyrostowymi dla przemysłu lotniczego” jest interesującą dysertacją o aktualnej tematyce. Praca doktorska reprezentuje dyscyplinę naukową inżynieria mechaniczna.

Podjęty w rozprawie temat jest zupełnie nowy, wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, a dodatkowo wnosi wkład w rozwój systemów mocowania i ustalania w przestrzeni roboczej precyzyjnych wyrobów spawanych z ich wydajnym chłodzeniem podczas spawania w zaawansowanym przemyśle lotniczym.

Doktorant wykonał badania w warunkach przemysłowych i laboratoryjnych, a opracowaną technologię wdrożono do przemysłu. Pozyskana nowa wiedza pozytywnie rozwija stan techniki w zakresie spawalniczych uchwytów/przyrządów ustalających, szczególnie na potrzeby konstrukcji lotniczych.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają, że technika przyrostowa może stanowić wyraźny krok w rozwoju procesów spawalniczych, dzięki możliwości wytwarzania chłodzących kanałów konformalnych o skomplikowanej geometrii wewnętrznej dostosowanej indywidualnie go geometrii obrabianych przedmiotów umożliwiającą ich efektywne chłodzenie z utrzymaniem właściwego rozkładu pól temperatury i naprężenia przy skomplikowanych cyklach cieplnych procesów wytwarzania.

Doktorant wykazał się umiejętnością planowania i wykonywania badań szczególnie w zakresie modelowania komputerowego weryfikowanego doświadczalnie oraz analizy merytorycznej uzyskanych wyników.

Autor dowiódł poprawności postawionej tezy i osiągnął cele naukowe i technologiczne przyjęte w pracy do realizacji. Całość recenzowanej rozprawy w pełni potwierdza wysoką wiedzę teoretyczną Doktoranta oraz umiejętność prowadzenia pracy naukowo-badawczej.

Uważam, że recenzowana rozprawa prezentuje bardzo wysoki poziom merytoryczny, zawiera element nowości i ma wysoki potencjał wdrożeniowy oraz wnosi wkład do dyskusji nad rozwojem techniki sterowania rozkładem naprężeń własnych konstrukcji spawanych i redukcji odkształceń złączy spawanych.

Ponadto stwierdzam, że Autor wykazał się wiedzą, umiejętnością planowania i realizacji badawczych prac naukowych, umiejętnością oceny i interpretacji uzyskanych wyników.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dziennik Ustaw z 2018 r., poz. 1668, z późniejszymi zmianami) i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Ze względu na wysoki poziom merytoryczny pracy, wzorcowe zastosowanie nowoczesnych narzędzi komputerowych w fazie badań przemysłowych prototypowania

produktu i prac rozwojowych oraz uwzględniając istotny dorobek publikacyjny Doktoranta, proponuję wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

A handwritten signature in dark red ink, appearing to read 'Chmielewski'.

Warszawa, 10 marca 2025 r