

POLITECHNIKA OPOLSKA WYDZIAŁ MECHANICZNY Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji	
dr hab. Grzegorz KRÓLCZYK prof. PO profesor uczelni	ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole tel. (77) 449 84 61, fax (77) 449 99 27 e mail: g.krolczyk@po.opole.pl

Opole, 31.08.2020r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Janusza KLUCZYŃSKIEGO pt.

***„Kształtowanie właściwości wytrzymałościowych elementów ze stali 316L
wytworzonych przyrostową techniką SLM”***

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Dyscypliny Naukowej „Inżynieria mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej prof. dr hab. inż. Jerzego Małachowskiego na podstawie Uchwały nr 21/RDN IM/2020 z dnia 24 czerwca 2020 roku.

1 Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Technologie addytywne są jednymi z dynamicznie rozwijających się metod wytwarzania w branży maszynowej, narzędziowej czy bezpośrednio na liniach produkcyjnych będąc jednocześnie jej składową. Dynamika ta jest wynikiem zapotrzebowania na małe serie, nietypowe geometrie czy konieczność zapewnienia posprzedażowej obsługi serwisowej w kolejnych latach. Technologie przyrostowe pozwalają redukować koszty produkcji małych serii, ponieważ przejście od modelu do produkcji finalnego elementu odbywa się często z pominięciem drogiego oprzyrządowania, tym samym oszczędzamy czas, który może być kluczowym czynnikiem dla działów utrzymania ruchu w celu zapewnienia ciągłości działania linii produkcyjnych. Dzięki stałemu doskonaleniu technologie addytywne są coraz bardziej doceniane i mogą być odpowiedzią na rosnące wymagania przemysłu. Branża technik addytywnych rozwijając się zaproponowała maszyny hybrydowe, które łączą nowoczesne procesy addytywne, z tradycyjnymi procesami ubytkowymi jak frezowanie. Tym samym

branża technik addytywnych dostosowuje się do wysokich wymagań stawianych przez przemysł.

Recenzowana dysertacja, w której Autor przedstawił własne, autorskie badania i analizy właściwości wytrzymałościowych elementów wytworzonych technika przyrostową SLM mieści się w zasadniczym nurcie współczesnych kierunków badań inżynierskich. Liczący się ośrodek warszawski wnosi twórczy i widoczny wkład, m. in. w rozwój nauk technicznych i technologii maszyn. Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Janusza Kluczyńskiego powstała więc na starannie przygotowanym i w wysokiej kulturze utrzymywanym gruncie wcześniejszego rozpoznania merytorycznego i metodycznego wydzielonego obszaru nauk technicznych. Doktorant mgr inż. Janusz Kluczyński w swojej rozprawie doktorskiej zajął się bardzo ciekawą a przede wszystkim aktualną tematyką doboru parametrów wytwarzania prototypów wytwarzanych przyrostowo. Autor wykonał wiele analiz materiałowych oraz kompleksowo opracował pewnego rodzaju mapę powiązań pomiędzy parametrami wejściowymi w procesie wytwarzania przyrostowego a oczekiwanymi właściwościami na końcu procesu. Wybór materiału do wytwarzania prototypów oraz użyta do tego celu metoda są trafne i zgodne z warunkami przemysłowymi. Materiał stal 316L Stal austenityczna 316L należy do grupy stali specjalnych szeroko stosowanych w silnie agresywnych środowiskach, ze względu na swoje doskonałe właściwości antykorozyjne. Od strony technologicznej stal 316L należy do grupy materiałów trudnoskrawalnych ze względu na austenityczną strukturę, a jej powszechne zastosowanie wymaga zazwyczaj nadawania elementom z niej wykonywanych złożonych kształtów.

Wymienione wyżej okoliczności potwierdzają trafność i sensowność wyboru tematyki badawczej. Uzasadnieniem wspomnianej trafności wyboru jest nie tylko sam fakt usytuowania pracy na szerszym tle ogólnoswiatowych badań naukowych, ale również to, że podejmowana w rozprawie doktorskiej tematyka rokuje nadzieje epistemologiczne oraz dużą nadzieję na uzyskanie walorów użytkowych.

Strukturę rozprawy stanowi wprowadzenie, jedenaście numerowanych rozdziałów oraz bibliografia. Układ pracy jest prawidłowy - typowy dla prac eksperymentalnych. **Tytuł dysertacji** jest zgodny z jej treścią. **Cele pracy** sformułowane na stronie 45 podane są w sposób jasny z podziałem na cel naukowy i użytkowy. Celem użytkowym nie jest moim zdaniem zbadanie możliwości kształtowania a przedstawienie w sposób skwantyfikowany parametrów wejściowych aby uzyskać zakładany efekt końcowy. Takie informacje stanowią wiedzę która będzie mogła zostać zaaplikowana w warunkach produkcyjnych. **Zakres pracy** przedstawiony został w sposób wyczerpujący, natomiast niektóre punkty powinny bardziej akcentować pracę naukową niż związane z tym badania techniczne. Celem pracy naukowej jest przeprowadzenie analizy niż jedynie wykonanie badań.

Wprowadzenie napisane jest przekonująco oraz w jasny sposób. Natomiast w tej części pracy nie został wyjaśniony rysunek 1. Co oznacza frezowanie szybkościowe i czym różni się od frezowania NC?

Analiza stanu zagadnienia z zakresu podjętej tematyki przedstawiona została w rozdziale pierwszym i drugim. Dobór analizowanych zagadnień jest prawidłowy i jest odzwierciedleniem dotychczasowego stanu wiedzy. Stanowi solidną podstawę do określenia obszaru badań własnych Autora. Jest to także właściwa baza wiedzy do sformułowania przez Autora celów pracy. Układ tej części rozprawy oceniam jako logiczny, choć mam pewne

uwagi szczegółowe. Autor w niektórych miejscach pracy używa błędnej nomenklatury np. na stronie 12 powinno być obróbka wykończeniowa a nie wykańczająca. W pracy można znaleźć także kolokwializmy (str. 18). Co do całości tekstu nasuwają mi się jeszcze następujące uwagi: zdarza się niewłaściwe używanie niektórych słów i określeń, np.: „ilość” zamiast „liczba”, „wyższy” zamiast „większy”, „niższy” zamiast „mniejszy”, jednakże oddając sprawiedliwość Autorowi trzeba przyznać, że wymienione słowa i określenia używane bywają w większości przypadków w sposób właściwy. Pewnym minusem jest także fakt, że Autor stosuje tzw. teksty wiszące, czyli teksty znajdujące się np. pomiędzy tytułem rozdziału głównego, a tytułem podrozdziału. Zasady edytorskie stanowią, że przy numeracji cyfrowej wielorzędowej np. po tytule rozdziału 1 powinien od razu następować tytuł podrozdziału 1.1. a tuż np. po tytule podrozdziału 7.1. powinien być tytuł podrozdziału 7.1.1. itd. Między nimi nie powinno być żadnych tekstów (zwanym wiszącymi). Teksty te to z reguły ogólne wprowadzenia do rozdziałów, omówienia czy streszczenia. Jeżeli tekst wiszący jest cennym i niezbędnym wprowadzeniem do tematu – powinien mieć swój numer i tytuł. Ponadto, przy powoływaniu się na istotne dla tematyki prace dobrze jest wymienić nazwisko autora danej pracy np. Liverani i in. [48] (str. 23).

Zasadniczą część rozprawy z punktu widzenia etapów badania naukowego, stanowią rozdziały, w których Autor referuje metodykę, wyniki i analizę wyników badań własnych. Są to rozdziały 5 do 10. W tej części pracy Autor zawarł ogólną charakterystykę materiału podlegającego próbom, opisał stanowisko badawcze, przedstawił wyniki badań własnych empirycznych oraz przedstawił program badań. Całość pracy ułożona jest w poprawny z metodologicznego punktu widzenia ciąg. Moje zapytania i uwagi do tej części pracy są następujące:

- 1) Str. 55 – dlaczego Autor do badania struktury metalograficznej użył mikroskopu konfokalnego, który jest bardzo dobrym usadzeniem do badań topografii powierzchni płaskich?,
- 2) Str. 74 – dlaczego Autor przeprowadził badania mikrotwardości HV_{0,1} a nie HV_{0,05}?,
- 3) Str. 85 – Autor pisze że „na podstawie przeprowadzonych obliczeń uzyskano wyniki w znaczący stopniu różniące się od wartości uzyskanych na podstawie klasycznego pomiaru modułu sprężystości”. Takie stwierdzenie jest nieuprawnione bez przeprowadzenia testu istotności statystycznej,
- 4) Str. 20 – Autor napisał: „uzyskano optymalne koszty wytwarzania części przy zachowaniu optymalnych parametrów wytrzymałościowych”, skąd taki wniosek, na jakiej podstawie tak stwierdzono, jakie były kryteria?
- 5) Str. 96 – Metodyka badań powinna być w osobnym punkcie a nie w rozdziale prezentującym analizę badań empirycznych,

Ponadto w tej części pracy, moim zdaniem, częste odniesienia do zaleceń producenta sprawiają wrażenie, że Autor sprawdza zalecenia producenta a nie przedstawia pracę naukową.

Na podkreślenie zasługuje to, że Autor w swojej pracy wykorzystał nowoczesną aparaturę badawczą a ilość przeprowadzonych badań jest imponująca.

Wnioski sformułowane na końcu pracy są interesujące i istotne z praktycznego punktu widzenia, natomiast przedstawione są w sposób uproszczony, ponieważ w niektórych punktach wydają się być raczej obserwacyjne niż przedstawiające wartości naukowe. Ze swej strony proponuję także w bardziej widoczny sposób przedstawić wnioski, z podziałem na naukowe i użyteczne. **Bibliografia** zamieszczona w końcowej części pracy jest bardzo obszerna. Autor analizuje i cytuje najnowszą światową literaturę, bibliografia sformatowana jest także w sposób jednolity.

2 Ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawioną rozprawę ocenić można w dwóch aspektach: merytorycznym i edytorskim. Zaczynając od tego drugiego należy stwierdzić, że Autor posługuje się zasadniczo poprawnym językiem, słowa dobrane są w sposób przemyślany i ze zrozumieniem treści jakie ze sobą niosą. Rysunki wykonane są starannie oraz wplecione są umiejętnie w całość. To sprawia, że zapoznawanie się z zawartością rozprawy jest stosunkowo łatwe. Wczytując się natomiast w treść można dostrzec pewne drobne niedociągnięcia literowe i stylistyczne.

Przedstawiona analiza rozprawy zawiera wystarczające moim zdaniem przesłanki do sformułowania oceny. Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Dyscypliny Naukowej „Inżynieria mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i praktycznych względów i opracowany został bardzo obszernie i w sposób wyczerpujący. Sformułowane w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają wartości materiału dowodowego pracy, albowiem w większości odnoszą się do sposobu prezentacji uzyskanych wyników. Nie mogą więc stanowić podstawy do kwestionowania wartości pracy. Pod względem metodycznym rozprawa jest poprawna. Literatura specjalistyczna została dobrana trafnie. Układ rozprawy i podział treści między poszczególnymi rozdziałami jest logiczny, choć moim zdaniem, można by go nieco zmodyfikować wykorzystując podane przeze mnie wcześniej sugestie, zwłaszcza dotyczące metodyki badań. Zbiór pojęć, jakimi posługuje się Autor, jest na ogół poprawny. Zdarzają się natomiast stylistyczne niedociągnięcia czy kolokwializmy, ale raczej wynikające z praktycznej strony pracy. Strona ilustracyjna pracy jest bez większych zastrzeżeń, redakcja rozprawy zaś wykazuje pewne niedociągnięcia. W dostarczonym do recenzji egzemplarzu stwierdziłem szereg błędów korektorskich, stylistycznych, gramatycznych i drobnych nieścisłości. Zazaczyłem to w tekście, niektóre z nich przedstawiłem powyżej.

Warunkiem dysertabilności rozprawy doktorskiej jest jej związek z problemem poznawczym lub metodologicznym bezpośrednio lub pośrednio wpływającym na stan wiedzy. W przypadku recenzowanej rozprawy warunek ten jest spełniony pod względem pierwszego z wymienionych aspektów, co wykazałem w analizie rozprawy. Rozprawa jest w wystarczającym stopniu poprawna metodologicznie, gdyż zawiera elementy, które w metodologii nauk określa się jako etapy badania naukowego.

Przedstawioną do oceny rozprawę oceniam pozytywnie jako pracę wartościową, zawierającą bardzo bogaty materiał. Podsumowując stwierdzam, że rozprawa:

- spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania przez Autora zagadnienia naukowego,
- spełnia wymóg wykazania Jego ogólnej wiedzy teoretycznej w uprawianej dyscyplinie,

- wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Autora pracy naukowej.

3 Wniosek końcowy

Całość oceny rozprawy doktorskiej mgra inż. Janusza Kluczyńskiego pt. „Kształtowanie właściwości wytrzymałościowych elementów ze stali 316L wytworzonych przyrostową techniką SLM” umożliwia sformułowanie wniosku o spełnieniu warunków określonych ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i dyscyplinie inżynieria mechaniczna wg klasyfikacji określonej w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 lipca 2018 roku i wnoszę o dopuszczeniu jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Naukowej „Inżynieria mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie.