

Imię i nazwisko recenzenta:
Prof. dr hab. inż. Marek Warzecha
Dane adresowe:
ul. Armii Krajowej 19
42-201 Częstochowa
tel.: 34 3250673; fax: 34 3250797
e-mail: marek.warzecha@pcz.pl.

Częstochowa, 17.06.2026r.
(data i miejsce)

Recenzja pracy doktorskiej

mgr inż. Łukasza Myćka
(imię i nazwisko doktoranta / doktorantki)

pod tytułem: Badania możliwości wykorzystania biomasy jako reduktora w procesach redukcji materiałów tlenkowych metali nieżelaznych

przygotowanej pod kierunkiem:

Prof. dr hab. inż. Jerzy Łabaj
(imię i nazwisko promotora)

dr inż. Piotr Madej
(imię i nazwisko promotora / promotora pomocniczego)

1. Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

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 rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria materiałowa;
- 2) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta ubiegającego się o nadanie stopnia doktora;
- 3) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

2. Charakterystyka i opis rozprawy

Problematyka podjęta w recenzowanej rozprawie doktorskiej wpisuje się w jeden z ważniejszych i aktualnych kierunków badań współczesnej metalurgii i inżynierii materiałowej. Transformacja energetyczna i surowcowa przemysłu, wynikająca z konieczności ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, racjonalizacji wykorzystania zasobów naturalnych oraz realizacji założeń zrównoważonego rozwoju, stawia przed sektorem metalurgicznym nowe wyzwania technologiczne. W szczególności dotyczą one opracowania rozwiązań umożliwiających ograniczenie zużycia materiałów pierwotnych (rud metali, paliw czy reduktorów) poprzez zastępowanie ich materiałami odnawialnymi.

Przemysł metali nieżelaznych należy do gałęzi gospodarki o znacznym zapotrzebowaniu na energię oraz surowce, a jednocześnie do sektorów szczególnie narażonych na skutki zaostrzającej się polityki klimatycznej, w szczególności rosnących kosztów związanych z emisją dwutlenku węgla. W konsekwencji prowadzone są intensywne badania nad alternatywnymi technologiami redukcji materiałów tlenkowych, wykorzystującymi wodór, biowęgle czy różne formy biomasy. Biomasa, jako surowiec odnawialny o potencjalnie neutralnym bilansie emisji CO₂, stanowi obecnie jeden z najbardziej perspektywicznych materiałów mogących znaleźć zastosowanie w procesach metalurgicznych. Wykorzystanie biomasy jako materiału redukującego może zatem stanowić istotny element dekarbonizacji procesów metalurgicznych, a w połączeniu z odzyskiem metali z materiałów odpadowych prowadzić do zwiększenia efektywności wykorzystania surowców oraz ograniczenia negatywnego oddziaływania przemysłu na środowisko naturalne. Jednocześnie należy podkreślić, że możliwość przemysłowego zastosowania biomasy w procesach redukcji tlenków metali wymaga szczegółowego poznania mechanizmów zachodzących reakcji, właściwości fizykochemicznych stosowanych materiałów oraz wpływu parametrów procesu na jego kinetykę, efektywność i selektywność. Zagadnienia te mają charakter interdyscyplinarny i stanowią istotny i cenny materiał badawczy.

Na podstawie powyższego można stwierdzić, że wybór tematyki rozprawy doktorskiej jest w pełni uzasadniony zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia. Podjęte przez Doktoranta badania odpowiadają aktualnym światowym trendom rozwoju niskoemisyjnych technologii metalurgicznych oraz wpisują się w działania zmierzające do zwiększenia konkurencyjności europejskiego przemysłu metali nieżelaznych, przy jednoczesnym spełnieniu coraz bardziej rygorystycznych wymagań środowiskowych. Tym samym przedłożona do oceny rozprawa podejmuje problem o wysokim stopniu aktualności, którego rozwiązanie może wnieść wartościowy wkład zarówno do rozwoju wiedzy w zakresie metalurgii ekstrakcyjnej, jak i do praktyki przemysłowej.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Myćki ma objętość 149 stron tekstu, w tym: 70 rysunków i 58 tabel. Treść pracy obejmuje zagadnienia dotyczące możliwości zastosowania materiałów biomasowych w procesach pirometalurgicznego przerobu tlenkowych materiałów metalonośnych - jako alternatywy do standardowo wykorzystywanego reduktora w postaci koksu lub koksiku. Doktorant przeprowadził prace badawcze w formie doktoratu wdrożeniowego. Badania zostały zrealizowane dwuetapowo. Pierwszy etap miał na celu wyznaczenie parametrów procesowych, a etap drugi stanowił realizację badań w skali wielkolaboratoryjnej, co miało za zadanie przybliżyć wyniki badań eksperymentalnych do warunków przemysłowych.

Rozprawa ma układ klasyczny, który jest charakterystyczny dla prac naukowych, gdzie część literaturowa obejmuje analizę dostępnych źródeł opisujących podjętą problematykę oraz część praktyczna obejmująca tezę, cel i zakres pracy, plan badań, charakterystykę materiałów oraz metodykę badawczą. Autor ogólnie poprawnie dobrał materiały źródłowe, zacytowane w pracy. Zawarł w pracy sto czternaście pozycji literaturowych, które zostały dobrane poprawnie. Spora ich część to prace stanowiące kanon wśród książek opisujących procesy metalurgiczne, w szczególności prace panów Profesorów: M. Kucharskiego, R. Benescha czy E. Mazanka. Z pozostałych pozycji, blisko 40% to bardzo aktualne pozycje (z ostatnich kilku lat), a ponad połowa to prace z okresu ostatnich dziesięciu lat. Niemniej

jednak Autor nie ustrzegł się pewnych błędów - przy analizie literaturowej nie wykazał się pełną starannością, a część przywołanych pozycji jest opisana w sposób niekompletny (np. pozycje: 8, 57 czy 84). Zastanawiające jest również to, że w spisie nie wskazano żadnej pozycji literaturowej autorstwa Doktoranta lub choćby z jego współautorstwem.

Pomimo pewnych niedociągnięć, ogólnie praca napisana jest bardzo przejrzysto, charakteryzując się niebudzącym większych wątpliwości opracowaniem edytorskim, oryginalnym materiałem przedstawionym w czytelnej formie w postaci rysunków oraz tabel. Doktorant sprawnie posługuje się językiem naukowym. Sformułowania oraz terminologia zostały dobrane poprawnie. Szata graficzna jest schludna, rysunki są bardzo dobrej jakości, z czytelnymi podpisami. Na tej podstawie, szatę graficzną pracy oceniam bardzo wysoko.

Tematyka pracy obejmująca charakterystykę materiałów, procesy recyklingu oraz opis zjawisk fizykochemicznych i ich wpływ na proces redukcji tlenków metali wpisuje się w obszar inżynierii materiałowej.

W części teoretycznej rozprawy Doktorant w sposób logiczny i uporządkowany przedstawia zagadnienia stanowiące podstawę do realizacji części eksperymentalnej pracy. Układ tej części dysertacji należy uznać za przemyślany i zgodny z metodyką prowadzenia badań naukowych, gdyż Autor stopniowo wprowadza Czytelnika w problematykę badawczą, rozpoczynając od omówienia właściwości materiału poddawanego procesowi redukcji, następnie przedstawiając teoretyczne podstawy analizowanych zjawisk fizykochemicznych, a kończąc na charakterystyce materiału stanowiącego alternatywny reduktor. W pierwszej kolejności Doktorant dokonuje charakterystyki żużli metalurgicznych, przedstawiając ich genezę, właściwości oraz znaczenie technologiczne. Kolejnym elementem części teoretycznej jest omówienie termodynamicznych podstaw procesów redukcji tlenków metali. Zaprezentowane rozważania pozwalają na ocenę warunków, w których możliwe jest skuteczne przeprowadzenie redukcji poszczególnych tlenków metali. W dalszej części przeglądu literaturowego Doktorant przedstawia biomasę jako alternatywny materiał redukujący, dokonując charakterystyki jej właściwości fizykochemicznych oraz potencjalnych możliwości zastosowania w procesach metalurgicznych.

Następnie Doktorant, co należy ocenić pozytywnie, przeprowadza analizę termodynamiczną stanowiącą teoretyczne podstawy dalszych badań eksperymentalnych. Takie podejście należy uznać za w pełni uzasadnione z metodologicznego punktu widzenia, gdyż umożliwia wstępną ocenę możliwości przebiegu analizowanych reakcji oraz określenie warunków sprzyjających ich realizacji. W przeprowadzonej analizie Autor zestawia podstawowe składniki fazy tlenkowej badanego żużla z produktami rozkładu termicznego biomasy, zwłaszcza z gazowymi węglowodorami oraz pozostałymi lotnymi produktami pirolizy, podejmując próbę określenia potencjału redukcyjnego tych związków oraz prawdopodobieństwa zachodzenia reakcji redukcji poszczególnych tlenków metali. Uzyskane wyniki stanowią wartościowe uzasadnienie teoretyczne dla sformułowanej w rozprawie tezy badawczej. Tym samym analiza termodynamiczna nie stanowi jedynie elementu wprowadzającego, lecz jest integralną częścią koncepcji badawczej i wyznacza kierunek dalszych eksperymentów.

Przedstawiony przegląd teoretyczny, uzupełniony przeprowadzoną analizą, świadczy o tym, że Doktorant prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Część badawczą, Autor zaczyna od przedstawienia planu badań. Doktorant przedstawił przejrzystą i logicznie uporządkowaną koncepcję realizacji badań, obejmującą kolejne etapy eksperymentalne, ich wzajemne powiązania oraz metody prowadzące do osiągnięcia założonych celów. Autor w sposób czytelny uzasadnia dobór zastosowanych metod badawczych oraz opisuje wykorzystaną aparaturę pomiarową i stanowiska eksperymentalne, co umożliwia ocenę poprawności przyjętej metodyki oraz świadczy o właściwym przygotowaniu do realizacji badań o charakterze wysokotemperaturowym. Część eksperymentalna została ukierunkowana na ocenę możliwości wykorzystania stosunkowo szerokiej grupy materiałów biomasowych reprezentujących zarówno agromasę, jak i dendromasę. Tak szeroki zakres materiałów badawczych należy uznać za istotny walor rozprawy, ponieważ umożliwia porównanie właściwości redukcyjnych biomasy o zróżnicowanym składzie chemicznym, zawartości części lotnych, popiołu oraz węgla związanego. Jednocześnie w opinii Recenzenta wskazane byłoby szersze uzasadnienie kryteriów doboru analizowanych surowców. W szczególności interesujące byłoby przedstawienie przesłanek decydujących o wyborze konkretnych rodzajów biomasy oraz określenie, które właściwości fizykochemiczne uznano za kluczowe z punktu widzenia ich potencjalnego zastosowania w procesach metalurgicznych prowadzonych w wysokich temperaturach. Podobne uwagi odnoszą się do doboru materiału tlenkowego przeznaczonego do badań redukcyjnych. Autor wykorzystał żużel o składzie chemicznym odpowiadającym żużłom powstającym podczas procesów pirometalurgicznego przetwarzania rud miedzi. W tym zakresie zasadne wydaje się jednak postawienie pytania dotyczącego reprezentatywności zastosowanego materiału. W szczególności dyskusji, czy badany żużel odpowiada typowemu składowi żużli przemysłowych powstających w krajowym lub światowym przemyśle miedziowym? Interesującym uzupełnieniem byłaby również dyskusja dotycząca możliwości przeniesienia uzyskanych wyników na inne grupy odpadów metalurgicznych zawierających tlenki metali nieżelaznych, co pozwoliłoby lepiej ocenić potencjał aplikacyjny proponowanej technologii.

Istotnym elementem rozprawy jest kompleksowa charakterystyka fizykochemiczna materiałów wykorzystanych w badaniach. Przed przystąpieniem do właściwych eksperymentów redukcyjnych Doktorant określił podstawowe parametry fizykochemiczne zarówno biomasy, jak i badanego żużla. Na uwagę zasługuje wykorzystanie specjalistycznych metod badawczych umożliwiających wyznaczenie temperatur charakterystycznych topnienia żużla, jego lepkości, czy reaktywności materiałów oraz innych parametrów niezbędnych do prawidłowej interpretacji wyników procesu redukcji. Dodatkowo, analizując zakres wykonanych eksperymentów należy podkreślić, że badania redukcyjne przeprowadzono dla licznych wariantów procesowych obejmujących zmianę temperatury procesu, czasu jego prowadzenia oraz udziału stechiometrycznego reduktora.

Powyższe, świadczy o dobrym opanowaniu przez Doktoranta metod eksperymentalnych stosowanych w badaniach wysokotemperaturowych oraz umiejętności właściwego doboru technik badawczych do rozwiązywanego problemu naukowego, jak i wysokich kompetencji w zakresie planowania eksperymentów oraz interpretacji uzyskiwanych wyników. Tak szeroki program eksperymentalny umożliwił wieloaspektową ocenę wpływu poszczególnych parametrów technologicznych na przebieg procesu redukcji oraz stopień odzysku metali. Jednocześnie

świadczy on o bardzo dobrym przygotowaniu Doktoranta do prowadzenia złożonych badań metalurgicznych, wymagających zarówno odpowiedniego zaplecza aparaturowego.

Z uwagi na wdrożeniowy charakter rozprawy szczególnie pozytywnie należy ocenić przyjętą koncepcję etapowej realizacji badań. W pierwszym etapie Autor skoncentrował się na określeniu podstawowych parametrów technologicznych procesu redukcji w skali laboratoryjnej, których poznanie stanowi warunek konieczny do późniejszego przeniesienia wyników do większej skali procesu. Takie podejście odpowiada zasadom prowadzenia badań aplikacyjnych, w których optymalizacja parametrów technologicznych poprzedza próby wdrożeniowe. Jednym z podstawowych kryteriów oceny możliwości zastosowania biomasy jako materiału redukującego w analizowanym procesie metalurgicznym jest stopień odzysku metali z fazy żużlowej, wyrażony przede wszystkim efektywnością usunięcia miedzi i ołowiu z badanego materiału, a także poprawność sporządzonych bilansów masowych poszczególnych pierwiastków. Parametry te stanowią bezpośrednią miarę skuteczności prowadzonego procesu redukcji oraz umożliwiają ocenę potencjału aplikacyjnego proponowanego rozwiązania technologicznego. W tym kontekście uzyskane przez Doktoranta wyniki mają istotną wartość poznawczą oraz praktyczną.

Pewnych wyjaśnień wymaga jednak przyjęta metodyka prowadzenia badań redukcyjnych. W eksperymentach realizowanych w ramach serii IB–IIIB zastosowano dodatek biomasy w ilości od 2 do 20% masowych, natomiast badania porównawcze z wykorzystaniem koksu prowadzono dla dodatku wynoszącego od 5 do 15% masowych. W opinii Recenzenta zasadne byłoby szersze uzasadnienie przyjęcia odmiennych zakresów udziału obu reduktorów oraz wskazanie przesłanek, które zdecydowały o takim doborze parametrów eksperymentalnych. W szczególności należałoby wyjaśnić, czy porównanie efektywności procesu prowadzonego z wykorzystaniem biomasy i koksu przy różnych udziałach masowych reduktora może być uznane za w pełni miarodajne?

Na uwagę zasługują również przedstawione w tabelach 17–48 bilanse masowe poszczególnych pierwiastków. Pomimo ogólnie poprawnego sposobu ich opracowania zauważalne są różnice pomiędzy ilością wybranych metali wprowadzonych do układu a ich sumaryczną zawartością w produktach procesu. Z punktu widzenia wiarygodności wyników wskazane byłoby szersze omówienie źródeł tych rozbieżności oraz określenie ich wpływu na końcową interpretację rezultatów badań. W szczególności warto byłoby przedstawić analizę niepewności pomiarowych, oszacować wielkość błędów wynikających z zastosowanych metod analitycznych bądź wskazać inne potencjalne przyczyny obserwowanych różnic, takie jak straty materiałowe podczas prowadzenia eksperymentów, niejednorodność próbek czy ograniczenia dokładności oznaczeń chemicznych. Uzupełnienie tej części pracy zwiększyłoby przejrzystość prezentowanych wyników oraz ich wartość naukową.

Drugi etap badań, określony przez Autora jako etap pilotowy, należy ocenić bardzo pozytywnie. Stanowi on naturalną kontynuację badań laboratoryjnych oraz świadczy o wdrożeniowym charakterze rozprawy. Eksperymenty przeprowadzono z wykorzystaniem ilości wsadu stukrotnie większej niż w badaniach laboratoryjnych, co pozwoliło na częściowe odwzorowanie warunków zbliżonych do rzeczywistych procesów przemysłowych. Zastosowanie elektrycznego pieca łukowego umożliwiło ocenę przebiegu procesu redukcji w większej skali oraz weryfikację możliwości przeniesienia wyników laboratoryjnych do warunków technicznych. Pewien niedosyt pozostawia jednak brak jednoznacznego

uzasadnienia kryteriów wyboru parametrów zastosowanych podczas prób pilotowych. W rozprawie nie przedstawiono w sposób wystarczająco wyczerpujący przesłanek decydujących o wyborze konkretnego rodzaju biomasy, wielkości jej dodatku oraz temperatury prowadzenia procesu. W opinii Recenzenta wskazane byłoby wykazanie, czy parametry te zostały wytypowane wyłącznie na podstawie najlepszych wyników uzyskanych w badaniach laboratoryjnych, czy też uwzględniono dodatkowe czynniki technologiczne związane z prowadzeniem procesu w większej skali, takie jak ograniczenia aparaturowe, bilans cieplny układu czy charakter wymiany masy i ciepła.

Analiza przebiegu badań pilotowych wskazuje również na pojawienie się istotnego problemu technologicznego związanego ze stosunkowo niską temperaturą rozpoczęcia procesu odgazowania biomasy. W celu ograniczenia strat części lotnych Doktorant zaproponował przygotowanie materiału redukującego w postaci brykietów zawierających biomasę, żużel oraz odpowiedni materiał wiążący. Rozwiązanie to należy uznać za interesujące i dobrze uzasadnione z punktu widzenia ograniczenia przedwczesnego uwalniania gazowych produktów pirolizy. Jednocześnie warunki prowadzenia procesu w piecu łukowym wymusiły zmianę sposobu aplikacji reduktora, który podawano na powierzchnię ciekłego wsadu.

W tym miejscu pojawia się jednak istotne pytanie dotyczące możliwości praktycznego wdrożenia proponowanego rozwiązania. W szczególności interesujące jest, czy przy zastosowaniu takiego sposobu dozowania biomasy możliwe jest pełne wykorzystanie jej potencjału redukcyjnego, zwłaszcza w odniesieniu do gazowych produktów rozkładu termicznego, które – zgodnie z postawioną przez Doktoranta tezą – odgrywają zasadniczą rolę w mechanizmie redukcji. Zasadne wydaje się również rozważenie alternatywnych metod wprowadzania reduktora do ciekłego wsadu, które mogłyby zwiększyć stopień wykorzystania części lotnych biomasy oraz poprawić efektywność procesu w warunkach przemysłowych.

Przechodząc do oceny rozdziału 15 zatytułowanego „Dyskusja wyników badań”, należy podkreślić, że stanowi on wartościowy element rozprawy. Autor dokonał kompleksowej interpretacji uzyskanych rezultatów, odnosząc się zarówno do wyników badań laboratoryjnych, jak i prób pilotowych. Przedstawiona analiza ma charakter syntetyczny i wskazuje na umiejętność krytycznej interpretacji uzyskanych danych eksperymentalnych. Doktorant prawidłowo zidentyfikował najważniejsze parametry technologiczne wpływające na przebieg procesu redukcji oraz końcową zawartość metali w żużlu odpadowym. Na uwagę zasługuje również przedstawienie zalet i ograniczeń zastosowanych rozwiązań technologicznych oraz wskazanie zagadnień wymagających dalszych badań przed ewentualnym wdrożeniem proponowanej technologii do praktyki przemysłowej. Świadczy to o dojrzałym podejściu Autora do interpretacji uzyskanych wyników oraz o świadomości ograniczeń prowadzonych badań. Odnosząc się do rozdziału zawierającego wnioski końcowe, należy stwierdzić, że zasadniczo odzwierciedlają one osiągnięte cele badawcze oraz najważniejsze rezultaty pracy. W opinii Recenzenta większą przejrzystość tego rozdziału zapewniłoby jednak zachowanie ciągłej numeracji wniosków, niezależnie od ich podziału na wyniki uzyskane w pierwszym i drugim etapie badań. Takie rozwiązanie ułatwiłoby identyfikację poszczególnych stwierdzeń oraz ich późniejsze przywoływanie. Pewnym mankamentem pozostaje również brak zamieszczenia we wnioskach najważniejszych wartości liczbowych charakteryzujących efektywność procesu. Przytoczenie podstawowych parametrów ilościowych, takich jak maksymalny stopień redukcji czy zawartość metali

w produktach procesu, zwiększyłoby wartość informacyjną tego rozdziału oraz ułatwiło porównanie uzyskanych rezultatów z wynikami publikowanymi przez innych autorów.

Zaprezentowane w pracy: plan badań i metodyka badawcza, dobór aparatury badawczej i przeprowadzone badania, jednoznacznie wskazują, że Doktorant wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, przeprowadzania analizy uzyskanych wyników oraz wyciągania na ich podstawie adekwatnych wniosków.

Reasumując, podjęte przez Doktoranta zadanie badawcze należy uznać za ambitne i wymagające zarówno pod względem naukowym, jak i eksperymentalnym. Realizacja zaplanowanego programu badań wiązała się z koniecznością prowadzenia licznych eksperymentów wysokotemperaturowych, wymagających zastosowania specjalistycznej aparatury badawczej. Szczególnie istotnym elementem rozprawy było przeprowadzenie badań nie tylko w warunkach laboratoryjnych, lecz również w skali wielkolaboratoryjnej (pilotowej), co znacząco zwiększyło stopień złożoności realizowanych eksperymentów oraz umożliwiło ocenę możliwości praktycznego wykorzystania proponowanych rozwiązań technologicznych. Tego rodzaju badania wymagają nie tylko odpowiedniego przygotowania merytorycznego, lecz również umiejętności planowania eksperymentów, organizacji pracy badawczej oraz właściwej interpretacji uzyskanych rezultatów. Istotnym osiągnięciem rozprawy jest wykazanie, że odpowiednio dobrane materiały biomasowe mogą stanowić efektywny reduktor w procesach odzysku metali z materiałów tlenkowych, a zaproponowane rozwiązania posiadają potencjał wdrożeniowy. Bazując na powyższym, można stwierdzić że rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

3. Wniosek końcowy

Doktorant wykazał się znajomością wiedzy teoretycznej dotyczącej badanego zagadnienia, a przedstawiony przegląd literatury tworzy spójną podstawę teoretyczną dla dalszych badań eksperymentalnych. Dobór omawianych zagadnień jest logiczny i bezpośrednio związany z celem rozprawy, a ich kolejność umożliwia płynne przejście od zagadnień ogólnych do szczegółowych aspektów dotyczących wykorzystania biomasy jako reduktora w procesach odzysku metali z materiałów tlenkowych. Przeprowadzone badania eksperymentalne, zastosowana metodologia badawcza, wykorzystane urządzenia badawcze i aparatura potwierdzają umiejętności samodzielnego prowadzenia przez Doktoranta pracy naukowej. Wyniki przeprowadzonych przez Autora badań eksperymentalnych w skali laboratoryjnej, a następnie wlekoskalowej potwierdziły możliwość zastosowania biomasy (w reaktorze pilotowym) do prowadzenia procesu redukcji tlenków metali z żużla.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania określone 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)