

Dr hab. inż. Beata Leszczyńska-Madej, prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Wydział Metali Nieżelaznych
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Recenzja pracy doktorskiej
mgr inż. Kamila Krystka

pod tytułem: „Oddziaływanie warunków procesu lutowania na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne połączeń elementów konstrukcji silników lotniczych”

przygotowanej pod kierunkiem promotora Pana dr hab. inż. Macieja Motyki, prof. PRz i promotora pomocniczego Pani dr inż. Ireny Dul.

1. Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza.

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

2. Ocena ważności i celowości podjętej tematyki badawczej

Przedłożona do recenzji praca mgr inż. Kamila Krystka pt. „Oddziaływanie warunków procesu lutowania na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne połączeń elementów konstrukcji silników lotniczych” napisana pod opieką Pana dr hab. inż. Macieja Motyki, prof. PRz i promotora pomocniczego dr inż. Ireny Dul zawiera bardzo interesujące wyniki dotyczące lutowania elementów konstrukcji silników lotniczych i stanowi podstawę rozwiązania prawidłowo postawionego przez Doktoranta problemu badawczego. Rozprawa doktorska stanowi znaczący wkład w aktualny stan wiedzy, prezentując się jako oryginalne i cenne opracowanie, które łączy elementy zarówno naukowe, jak i praktyczne. Tytuł pracy należy uznać za właściwy i w pełni odpowiadający treściom prezentowanym w rozprawie.

Współcześnie, w przemyśle lotniczym, procesy łączenia zaawansowanych technologicznie elementów konstrukcyjnych, są kluczowym zagadnieniem. Łączone elementy muszą zapewniać trwałość i niezawodność w różnych warunkach, a także spełniać wymagania dotyczące bezpieczeństwa. Jedną z technik spajania, która wykorzystywana jest w przemyśle lotniczym jest wysokotemperaturowe lutowanie piecowe, które jest techniką tzw. lutowania twardego. Obok spawania jest to jedna z najczęściej wykorzystywanych metod nierozłącznego spajania nowoczesnych konstrukcji silników lotniczych. Zapewnienie odpowiedniej jakości złączy lutowanych jest niezmiernie istotne, kluczowym jest właściwy dobór parametrów procesu łączenia oraz kontrola na każdym etapie procesu. W praktyce przemysłowej często występują zakłócenia w przebiegu procesu lutowania będące czynnikiem losowym, jak również wynikające z czynnika ludzkiego. Skutkiem tego może być powstanie złącza niezgodnego z wymaganiami.

W niniejszej dysertacji na podstawie przeprowadzonego przeglądu danych literaturowych, a także danych produkcyjnych przedsiębiorstwa Pratt & Whitney Rzeszów wytypowano najbardziej newralgiczne czynniki, jak przerwanie czasu lutowania na różnych etapach nagrzewania, zmiana czasu wygrzewania w temperaturze lutowania oraz zmiany

szerokości szczeliny lutowniczej. Do badań wytypowane zostały dwa nadstopy na osnowie niklu – Hastelloy X oraz Inconel 718 lutowane dwoma stopami na osnowie niklu – Vita – Braze 1996 oraz Palnicro 36M.

Mając na uwadze powyższe stwierdzam, że podjęty przez Doktoranta temat jest niezmiernie ciekawy zarówno z naukowego jak i utylitarnego punktu widzenia, a także wpisuje się w najnowsze trendy badawcze. Realizacja pracy wniosła nową wiedzę i stworzyła podstawy do opracowania procedur jakościowo-technologicznych, wdrożonych do praktyki produkcyjnej celem ustandaryzowania postępowania w przypadku wystąpienia zdarzeń zakłócających przebieg procesu spajania. Dodatkowo umożliwi przygotowanie materiałów szkoleniowych dla kadry nadzorującej obsługę procesów wysokotemperaturowego lutowania próżniowego w Pratt & Whitney Rzeszów S.A.

Dlatego też uważam podjęcie badań w tym zakresie za w pełni uzasadnione i celowe. Mogę także z przekonaniem stwierdzić, że opiniowana praca wpisuje się w dyscyplinę naukową Inżynieria Materiałowa, w której została przedstawiona.

3. Układ pracy i dobór źródeł literaturowych

Praca ma klasyczny układ, składa się z ośmiu głównych rozdziałów oraz zestawienia literaturowego, a także streszczenia w języku polskim oraz w języku angielskim zamieszczonych na końcu pracy. Brak jest w pracy spisu rysunków oraz spisu tabel, a także spisu skrótów i oznaczeń użytych w pracy, co nieco utrudnia analizę tekstu. Niepotrzebnie również rozdziałowi Bibliografia nadano numerację. Praca liczy wraz z Bibliografią 195 stron, w tym 48 stanowi przegląd danych literaturowych, proporcje pomiędzy częścią literaturową, a eksperymetalną są właściwe. Sumarycznie praca zawiera 161 rysunków i 103 tabele. Struktura rozprawy jest przejrzysta, treść poszczególnych rozdziałów i podrozdziałów w pełni odpowiada ich tytułom. **Podział rozprawy zaproponowany przez Doktoranta można uznać za prawidłowy.**

Praca zaczyna się Wprowadzeniem, które napisane jest zwięźle, zawiera ono informacje o wszystkich istotnych dla pracy wątkach. W rozdziale tym zdefiniowano między innymi czynniki, które są newralgiczne z punktu widzenia uzyskania dobrej jakości złączy lutowanych, a także zawarto informacje o materiale badawczym. Sporo miejsca poświęcono na opis procesu lutowania. Praca ma wyraźny podział na część stanowiącą przegląd literatury oraz część opisującą wyniki badań własnych. Dodatkowo zawiera podsumowanie oraz wnioski, ponadto spis wykorzystanych źródeł literaturowych. Część badawcza została wyraźnie podzielona na dwie części, w których opisano najpierw materiał badawczy i metodykę badań, kolejno przedstawiono wyniki badań i analizę wyników badań. Podział taki wydaje się być bardzo dobry.

W części literaturowej Autor dysertacji przybliżył nadstopy wykorzystywane w konstrukcjach lotniczych, w szczególności badane w pracy Inconel 718 oraz Hastelloy X, proces lutowania i konstrukcję złącza lutowanego, w tym takie zjawiska jak zwilżalność i rozplýwność, wyjaśnił rolę efektu kapilarnego oraz geometrii złącza i szerokości szczeliny lutowniczej w przebiegu procesu lutowania. Ponadto opisał, jak inne czynniki/parametry wpływają na przebieg procesu lutowania.

Cenną częścią pracy jest rozdział pracy jest rozdział zatytułowany „Stan zagadnienia w świetle literatury – założenia i cel pracy”. Z rozdziału tego dowiadujemy się między innymi o rozwoju technologii spajania, aktualnych trendach w procesie lutowania. Autor zwraca uwagę, że dużym zainteresowaniem badaczy cieszy się proces lutowania z użyciem wiązki lasera, prowadzone są prace w zakresie analizy różnych czynników wpływających na mikrostrukturę i właściwości takich złączy, jak np. wpływ mocy i rodzaju lasera. Podkreślił także, że prowadzone prace skupiają się także na wykonywaniu połączeń

różnoimiennych, nie tylko przy wykorzystaniu procesu lutowania laserowego, ale i pozostałych technik lutowniczych. Kamieniem milowym w technologii połączeń tego typu było opracowanie tzw. aktywnych stopów lutowniczych, które umożliwiają zwilżanie powierzchni niezwilżalnych przez konwencjonalne luty. W dalszej części opracowania scharakteryzował stopy o dużej entropii jako idealne na stopy lutownicze dedykowane do łączenia elementów pracujących w ekstremalnych warunkach, takich jak nadstopy niklu czy kobaltu, a także zaznaczył, że istotnym zagadnieniem we współczesnej technologii lutowania o dużym znaczeniu przemysłowym, zwłaszcza w odniesieniu do złączy materiałów z grupy nadstopów, jest lutowanie złączy szerokoszczelinowych. Autor dysertacji zaznaczył także, że jednym z kierunków rozwoju technologii lutowania jest lutowanie twarde, także w ujęciu konwencjonalnym z użyciem ogólnodostępnych komercyjnych lutów, np.: w przemyśle lotniczym przy zastosowaniu stopów niklu. W tym zakresie badania koncentrują się przede wszystkim na analizie wpływu poszczególnych parametrów procesu, a także czynników mających wpływ na rozplwność i zwilżalność stopów lutowniczych oraz dobór odpowiedniego lutowia. Przeprowadzona w tym rozdziale analiza aktualnego stanu wiedzy dała podwaliny do sformułowania założeń i celu pracy.

Doktorant do przeprowadzenia analizy stanu zagadnienia wykorzystał 146 pozycji literaturowych, co w przypadku pracy doktorskiej jest liczbą w pełni wystarczającą. Analizując daty publikacji przytaczanych źródeł stwierdzam, że w pracy wykorzystano zarówno podstawowe pozycje z lat już odległych, jak i pozycje z ostatnich pięciu lat, tj. okresu 2019-2023. Stwierdzam tym samym, że Autor zapoznał się z aktualnym stanem wiedzy wystarczająco starannie. Mocną stroną doboru źródeł jest ich różnorodność, ponieważ Autor cytuje zarówno książki, artykuły naukowe, referaty konferencyjne oraz normy i inne dokumenty branżowe. Spis literatury wykonany jest starannie i jedynie w kilku pozycjach zauważyłam drobne błędy edytorskie.

Podsumowując tę część pracy należy stwierdzić, że zebrane dane literaturowe stanowią dobrze opracowany zbiór odpowiadający tematowi pracy i stanowi on wystarczającą podstawę teoretyczną do realizacji podjętego tematu prac badawczych.

4. Ocena celu pracy

Teza i cel pracy zostały przedstawione na stronie 56 pracy w rozdziale trzecim zatytułowanym: „Stan zagadnienia w świetle literatury – założenia i cel pracy”.

Sformułowana teza pracy w brzmieniu: „Przeprowadzony przegląd literatury pozwala sformułować tezę, że lutowanie nadstopów niklu stanowi częsty przedmiot badań prowadzonych w wielu ośrodkach badawczych. Pomimo ugruntowanego, wieloletniego zastosowania w przemyśle, złożoność zagadnień związanych z procesem lutowania determinuje konieczność ciągłej jego analizy i optymalizacji, co w sposób szczególnie dotyczy przemysłu lotniczego” jest oczywistą oczywistością i bez szkody dla pracy można byłoby jej nie formułować. Z założenia teza powinna w oparciu o założony plan badawczy i przegląd aktualnego stanu wiedzy prognozować zależności i zjawiska, których możemy się spodziewać.

Sformułowany cel pracy dotyczy kompleksowej charakterystyki zjawisk zachodzących w złączach lutowanych w warunkach odbiegających od nominalnych, umożliwiającej zbudowanie bazy wiedzy, stanowiącej punkt wyjścia do analizy technologiczno-jakościowej analogicznych przypadków w trakcie produkcji przemysłowej.

W pracy sformułowano także problem naukowy, którym jest określenie stopnia oddziaływania zmian parametrów procesu lutowania próżniowego nadstopów niklu na kształtowanie mikrostruktury wytworzonych złączy, a pośrednio ich wytrzymałości.

Podsumowując należy zaznaczyć, że cel pracy został sformułowany właściwie, a przyjęty bardzo szeroki program badawczy obejmujący newralgiczne czynniki determinujące jakość złączy wytwarzanych w warunkach przemysłowych pozwolił na realizację przyjętego celu pracy.

Ponadto należy podkreślić, że recenzowana praca jest realizowana w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy”, tym bardziej cennym jest sformułowanie problemu naukowego, co w warunkach przemysłowych bywa utrudnione.

5. Ocena stosowanej metodologii, opisu badań własnych, dyskusji wyników oraz uwagi krytyczne o charakterze merytorycznym do dyskusji

W rozdziale zatytułowanym „Badania własne”, Autor dysertacji przedstawił newralgiczne czynniki determinujące jakość złączy wytwarzanych w warunkach przemysłowych, czyli: przerwanie procesu lutowania, czas wygrzewania w temperaturze, w której lut jest w stanie ciekłym i szerokość szczeliny lutowniczej. Przedstawił schemat blokowy podjętych badań, który uwzględnił przyjęte zmienne oraz zastosowane metody badawcze. Zaproponowanie schematu blokowego jest korzystne, gdyż ułatwia dalszą analizę pracy. Kolejno w sposób wystarczający scharakteryzował materiał do badań – stopy Hastelloy X i Inconel 718 oraz luty Palmicro 36M i Vitta Braze 1996 podając ich nominalny skład chemiczny na podstawie norm przedmiotowych i kart charakterystyki. **Szkoda, że autor nie zamieścił rzeczywistego składu chemicznego badanych materiałów, które mogą różnić się od podanych, a przez co wpływać na jakość wytworzonych złączy.**

Opis zastosowanych metod badawczych jest poprawny. Jednak Autor nie ustrzegł się drobnych błędów i zapomniał np. o opisie metodologii pomiarów twardości.

Podsumowując należy zaznaczyć, że na podkreślenie zasługuje mnogość wykorzystanych technik badawczych oraz fakt, że zostały dobrane rozsądnie i każde badanie dostarczyło cennych wyników, które stanowiły wartość dodaną dla pracy. Przyjęty plan badawczy jest bardzo obszerny i ambitny.

W rozdziale pracy pt. „Wyniki badań i ich analiza” Autor kolejno przedstawia uzyskane wyniki badań uwzględniające wpływ różnych czynników/parametrów procesu lutowania na wytrzymałość złącza i jego mikrostrukturę. Opisy te uwzględniają analizowane konfiguracje połączeń: Hastelloy X/Vitta Braze 1996 oraz Inconel 718/Palmicro 36M. Taka prezentacja wyników, przy jednoczesnej ich mnogości jest ze wszech miar poprawna i wydaje mi się, że przy takim ogromie wyników badań jest jedynym słusznym rozwiązaniem. Opis wyników jest poprawny.

Przy przedstawianiu wyników Autor nie ustrzegł się jednak błędów. W przypadku zdjęć prezentujących makrostrukturę złączy (Rys. 50, 76) brakuje skali. Część z rysunków, jak: 50, 65, 76, 93 przenoszona jest na kolejną stronę. Można było tak ułożyć tekst pracy lub wyskalować rysunki, że byłoby to możliwe, gdyż umieszczenie rysunku na jednej stronie zdecydowanie poprawia czytelność.

Inne uwagi krytyczne o charakterze merytorycznym do dyskusji:

- Na stronie 58 w rozdziale „Materiał do badań” Autor pisze, że: „Stop Vitta-Braze 1996 cechują bardzo dobre właściwości eksploatacyjne w temperaturze podwyższonej, przez co stosowany jest w lotnictwie i energetyce do lutowania silnie obciążonych elementów konstrukcyjnych wykonanych ze wszystkich rodzajów nadstopów oraz stali austenitycznej, martenzytycznej oraz niskostopowej”.

Chciałabym w tym miejscu zapytać, co Autor rozumie pod pojęciem „podwyższonej temperatury”?

- W pracy brakuje informacji, ile próbek z każdego rodzaju wykonano, czy uzyskane wyniki były powtarzalne, zwłaszcza w kontekście jakości wykonanego złącza, czy też uzyskanych wartości wytrzymałości na ścinanie złącza?
- Cennym eksperymentem w kontekście recenzowanej pracy byłyby badania z wykorzystaniem komputerowej tomografii wykorzystującej promieniowanie rentgenowskie. Badanie takie pozwoliłoby między innymi na identyfikację nieciągłości powstających w złączach wytworzonych w różnych warunkach. Czy realizowano takie badania?
- Czy zwracano uwagę na ewentualną porowatość złączy? Jaka porowatość złącza z punktu widzenia przeznaczenia jest dopuszczalna?
- Dużym mankamentem pracy jest przedstawianie zdjęć mikrostruktury wytworzonych złączy przy różnych powiększeniach, co utrudnia analizę wyników. Zdecydowanie z korzyścią dla pracy byłaby prezentacja wyników przy określonym powiększeniu/powiększeniach, jednakowych dla wszystkich wariantów, wtedy łatwiej jest uchwycić różnice. Odnosi się to do zdjęć przedstawionych na rys. 51, 53, 54, 55, 56, 57, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 152, 153, 154, 155, 156, 157).
- Na niektórych zdjęciach mikrostruktury zamieszczono wyniki pomiaru twardości. Czy zaprezentowane wyniki są wartością uśrednioną z kilku wykonanych w danym obszarze/fazie, jakie obciążenie stosowano do pomiaru? Nie znalazłam tej informacji w rozdziale poświęconym opisowi metodyki badań.
- W przypadku konfiguracji Hastelloy X/Vitta-Braze 1996 za wyjątkiem temperatury 1170 °C uzyskano poprawę wytrzymałości na ścinanie złącza po poprawie procesu lutowania. Jak zatem wytłumaczyć spadek wytrzymałości dla tego wariantu (Rys. 64)? Także w przypadku badań rozpląwności lutu, dla tej temperatury poprawa procesu lutowania wpłynęła negatywnie. Jak wytłumaczyć takie zachowanie?
- Podobnie dla konfiguracji Inconel 718/Palnicro 36M za wyjątkiem temperatury 1040 °C uzyskano poprawę wytrzymałości na ścinanie złącza po poprawie procesu lutowania. Jak zatem wytłumaczyć spadek wytrzymałości dla tego wariantu (Rys. 92)?
- W przypadku prób odrywania zabrakło mi prezentacji wyników w postaci map rozkładu pierwiastków na powstałej powierzchni. Wynik taki jednoznacznie potwierdziłby spostrzeżenia Autora dotyczących opisu powierzchni po próbie odrywania. Można było także pokusić się o dokonanie obserwacji, przynajmniej wybranych wariantów, z zastosowaniem większego powiększenia, np. przy wykorzystaniu skaningowego mikroskopu elektronowego.
- Na stronie 102 Autor dysertacji pisze (w odniesieniu do złącza: I/830/P/S), że „[...] Wykazano obecność twardych (986 HV) wydzieleni fazy Ni-Pd-Cr oraz bogatej w pallad Pd-Ni-Si-B-Cr (rys. 79d, tab. 36). Po starzeniu zmniejszyła się objętość strefy ASZ...”. Proszę o komentarz, co było przyczyną zmniejszenia się objętości strefy ASZ?
- W przypadku badań wytrzymałości złączy konfiguracji Inconel 718/Palnicro 36M nie uzyskano jednoznacznego trendu w zakresie wpływu szerokości szczeliny na wytrzymałość takiego złącza. W pracy zaznaczono tylko, że wymagane jest przeprowadzenie bardziej szczegółowych prób, popartych analizą statystyczną. Czy Doktorant mógłby na podstawie posiadanej wiedzy spróbować odpowiedzieć na pytanie, dlaczego uzyskano takie a nie inne wyniki, bez wyraźnego trendu?

- W pracy zabrakło mi bardziej szczegółowej analizy mikrostrukturalnej złączy w kontekście granicy rozdziału faz łączony stop/lut.
- Jako podsumowanie pod wnioskami zamieszczono akapit, w którym stwierdzono, że otrzymane wyniki badań stanowią podstawę do opracowania procedur jakościowo – technologicznych, wdrożonych do praktyki produkcyjnej w celu ustandaryzowania postępowania w przypadku wystąpienia zdarzeń zakłócających przebieg procesu spajania. Ponadto, zdobyta wiedza i doświadczenie w trakcie realizacji badań umożliwi przygotowanie materiałów szkoleniowych dla kadry inżyniersko-technicznej nadzorującej technologiczną obsługę procesów wysokotemperaturowego lutowania próżniowego w Pratt & Whitney Rzeszów S.A. Czy byłby Pan w stanie podać najważniejsze wytyczne/procedury postępowania w przypadku wystąpienia takich zakłóceń, które wdrożono?

Inne uwagi:

- Na niektórych rysunkach przedstawiających wyniki prób ścinania złączy, krzywe dla dwóch wariantów złączy przedstawione są w niemal identycznym kolorze, co utrudnia analizę wyników.
- W przypadku wyników badań wytrzymałości złączy, autor podaje wartość siły F_{max} i wytrzymałości na ścinanie R_t z dokładnością dwóch miejsc po przecinku. Przy takich wartościach, jak uzyskano, nie znajduje to uzasadnienia, a wyniki powinny być przedstawiane w zaokrągleniu do jedności. Uwaga ta dotyczy wyników zamieszczonych w tabelach: 25, 26, 50, 51, 52, 78, 79, 87, 101, 102.
- Pewnym mankamentem pracy jest brak prezentacji wyników mikrostruktury złączy w postaci map rozkładu pierwiastków na badanej powierzchni, zostało to wykonane tylko dla jednego wariantu złącza I/870/P (rys. 80). Taka prezentacja w przypadku lutowanych złączy byłaby bardzo cenna dopełniając wyniki punktowej analizy składu chemicznego SEM/EDS i znacznie ułatwiła analizę wyników.
- Tabela 38. Skład chemiczny w mikroobszarach złącza I/910 przy prezentacji zawartości Fe (% mas) pominięto zero.

W pracy zabrakło mi pogłębionej i krytycznej analizy uzyskanych wyników badań. Wyniki są bardzo ciekawe zarówno z punktu poznawczego, jak i użytecznego. Zamiast poszerzonej analizy w pracy zamieszczono rozdział podsumowanie, w którym zebrano najważniejsze osiągnięcia pracy. Pracę zamykają trafne wnioski, do których nie mam większych uwag. Jeden z wniosków zawiera rekomendację dotyczącą czasu wygrzewania w temperaturze lutowania dla badanych złączy. Zdaję sobie sprawę, że jest to doktorat wdrożeniowy, a w tym przypadku cele użyteczne są nadrzędne.

Chciałabym jednoznacznie zaznaczyć, że rozprawa nie budzi większych zastrzeżeń merytorycznych w obszarze realizowanych badań, a przedstawione powyżej uwagi mają charakter polemiczny i zostały zamieszczone w celu wyjaśnienia kwestii szczegółowych.

6. Strona edycyjna pracy oraz poprawność językowa i stylistyczna

Praca jest napisana dobrym językiem, korekta edytorska jest staranna. Tekst napisany jest poprawnym językiem, z wykorzystaniem ogólnie przyjętej terminologii. Całość jest czytelna i spójna, co sprzyja płynności lektury. Autor umiejętnie wzbogacił opisy, dodając interesujące rysunki, schematy, wykresy oraz zdjęcia mikrostruktury, co znacznie zwiększa atrakcyjność pracy. Podpisy pod rysunkami są klarowne, a jakość i estetyka grafik zazwyczaj utrzymane są na wysokim poziomie. Niewielkie zastrzeżenia dotyczące jakości

pojawiają się jedynie w przypadku kilku rysunków, które zostały przekopiowane z opracowań innych autorów, np. Rys. 1, Rys. 16, Rys. 33, Rys. 36. Także rysunki przedstawiające krzywe DSC są słabej jakości (rys. 48, 74).


Warto również podkreślić wysoką jakość zamieszczonych w pracy zdjęć mikrostruktury złączy wykonanych przy zastosowaniu skaningowego mikroskopu elektronowego.

Pragnę podkreślić, że zauważone w pracy usterki o charakterze redakcyjnym nie mają istotnego wpływu na końcową ocenę rozprawy, dlatego pozwoliłam sobie na ich pominięcie w recenzji, zostały one zaznaczone w manuskrypcie.

7. Podsumowanie i wniosek końcowy

Zdaniem recenzenta, oceniana dysertacja stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu, dowodzi ogólnej wiedzy teoretycznej doktoranta w zakresie inżynierii materiałowej, a także potwierdza umiejętności prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

W świetle powyższej opinii, stwierdzam, że recenzowana rozprawa Pana mgr inż. Kamila Krystka pt. „Oddziaływanie warunków procesu lutowania na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne połączeń elementów konstrukcji silników lotniczych” 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)