

Kraków, 07.11.2024

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. Marty Zaborowskiej - Kornagi

pod tytułem „*Hybrydowe nanostruktury jednowymiarowe o podwyższonej aktywności fotokatalitycznej*”

przygotowanej pod kierunkiem Promotora dr hab. inż. Tomasza Tańskiego, prof. PŚ oraz Promotora pomocniczego dr inż. Weroniki Smok.

1. Podstawa opracowania

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

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

2.1. Ocena ważności i celowości podjętej tematyki badawczej

Przedłożona do recenzji praca mgr inż. Marty Zaborowskiej - Kornagi pt.: „*Hybrydowe nanostruktury jednowymiarowe o podwyższonej aktywności fotokatalitycznej*” napisana pod opieką Pana dr hab. inż. Tomasza Tańskiego, prof. PŚ i promotora pomocniczego dr inż. Weroniki Smok zawiera szereg cennych i interesujących wyników dotyczących jednowymiarowych nanostruktur ZnO domieszkowanych jonami metali ziem rzadkich o podwyższonej aktywności fotokatalitycznej, a w szczególności o poszerzonym zakresie absorpcji promieniowania i wysokiej powierzchni właściwej. Praca doktorska realizowana była w ramach projektu badawczego Diamentowy Grant finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego na okres 7.10.2020 do 6.10.2024 r.

Podjęcie tematyki dotyczącej wytwarzania jednowymiarowych nanostruktur ZnO współdomieszkowanych jonami metali ziem rzadkich, w szczególności iterbu i europu do zastosowań w fotokatalitycznych procesach oczyszczania środowisk wodnych jest wysoce uzasadnione i wpisuje się w najnowsze trendy w inżynierii materiałowej. Badania w tym zakresie mają duży potencjał aplikacyjny. Innowacyjność recenzowanej pracy polega na zastosowaniu unikalnego podejścia do modyfikacji nanostruktur, które nie było dotąd szeroko badane.

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 12. 11. 2024
RD JMa 1167151/2024
nr zał.

Strona 1 z 6

Rozwijanie nanofotokatalizatorów o specyficznych, współdomieszkowanych składach może otworzyć nowe możliwości w zakresie efektywności procesów fotokatalitycznych i rozwiązywania problemów środowiskowych. Takie podejście nie tylko przyczynia się do poprawy efektywności tych procesów, ale także wspiera zrównoważony rozwój i innowacje technologiczne.

Uważam podjęcie badań w tym zakresie za w pełni uzasadnione i celowe. Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że opiniowana praca wpisuje się w dyscyplinę naukową Inżynieria Materiałowa, w której została przedstawiona.

2.2. Ocena układu rozprawy doktorskiej oraz zastosowanego piśmiennictwa

Rozprawa ma klasyczny układ, całość liczy 144 strony, w tym 40 stron stanowi *przeгляд literatury*. Sumarycznie Autorka powołała się na 263 pozycje literaturowe. Przegląd piśmiennictwa jest opracowany bardzo starannie, cytowane pozycje literaturowe obejmują także prace, w których Autorka niniejszej dysertacji jest współautorem. Brak jest w pracy spisu rysunków oraz spisu tabel. Niepotrzebnie również rozdziałom *Wstęp* oraz *Literatura* nadano numerację. Proporcje pomiędzy częścią literaturową, a eksperymentalną są właściwe. Sumarycznie praca zawiera 47 rysunków oraz 14 tabel. Struktura rozprawy jest przejrzysta, treść poszczególnych rozdziałów i podrozdziałów odpowiada ich tytułom.

Podział rozprawy zaproponowany przez Doktorantkę można uznać za prawidłowy. Pierwszy rozdział pracy to *Wstęp*. W drugim rozdziale zatytułowanym *Przeгляд literatury* opisano między innymi zagadnienia dotyczące fotokatalizy z wykorzystaniem nanomateriałów, wykorzystywane materiały oraz elektroprądzenie jako metodę wytwarzania funkcjonalnych nanomateriałów jednowymiarowych. Opis stanu zagadnienia jest opracowany poprawnie pod względem merytorycznym. Analizując daty publikacji przytaczanych źródeł stwierdzam, że w pracy wykorzystano zarówno podstawowe pozycje z lat już odległych, jak i pozycje z ostatnich pięciu lat. Ilość cytowanych prac budzi uznanie i dowodzi kompleksowego podejścia do analizowanego zagadnienia. Stwierdzam tym samym, że Autorka zapoznała się z aktualnym stanem wiedzy dogłębnie. Mocną stroną doboru źródeł jest ich różnorodność. Spis literatury wykonany jest starannie.

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

2.3. Ocena tezy i celu pracy

Teza i cel pracy zostały przedstawione w rozdziale trzecim zatytułowanym *Badania własne*. Pierwszy podrozdział o numerze 3.1 (Teza i zakres pracy) zawiera cel oraz tezę pracy. Choć nie wydzielono osobnego rozdziału na krytyczną analizę literatury, Autorka zawarła takie podsumowanie w tym rozdziale, przed sformułowaniem celu i tezy. Ta część pracy ma szczególną wartość, gdyż podkreśla celowość podjętych badań i identyfikuje obszary wymagające uzupełnienia lub poszerzenia wiedzy.

Przedstawiona teza, zakładająca że: „*Możliwe jest wytworzenie metodą elektroprądzenia z roztworów i następną kalcynacją jednowymiarowych nanostruktur ZnO domieszkowanych jonami europu i iterbu o podwyższonej aktywności fotokatalitycznej, w szczególności o poszerzonym zakresie absorpcji promieniowania i wysokiej powierzchni właściwej*” jest sformułowana prawidłowo. Również cel pracy został sformułowany adekwatnie do tematyki pracy, a przyjęty program badawczy, schematycznie przedstawiony na str. 54, obejmujący przygotowanie roztworów przedzalnicznych, elektroprądzenie z roztworów, badanie termogravimetryczne, kalcynację, badanie morfologii nanowłókien, analizę struktury, badania własności optycznych i aktywności fotokatalitycznej w pełni umożliwił realizację przyjętego celu badań.

Na początku rozdziału 3.1, przed sformułowaniem celu i tezy pracy, Autorka stwierdza, że: „Wyniki badań naukowych z całego świata jednoznacznie wskazują, że wykorzystanie nanomateriałów w procesach oczyszczania wody jest już realną szansą i alternatywą dla obecnie stosowanych metod usuwania zanieczyszczeń przemysłowych ze ścieków. [...] Według naukowców zajmujących się ochroną środowiska naturalnego, kluczem do sukcesu jest synergia działań w zakresie uzdatniania wody, w tym stosowanie metod fizycznych, chemicznych, jak i biologicznych. W efekcie końcowym połączenie różnych procesów degradacji zanieczyszczeń, zapewni najbardziej wydajne rezultaty w oczyszczaniu ścieków przemysłowych” [...]. Badania nad wykorzystaniem nanomateriałów do oczyszczania wody rzeczywiście dowodzą ich dużego potencjału, jednak zagadnienie to jest nadal w fazie badań, na etapie rozwoju. Przemysłowe i komercyjne wdrożenie nanomateriałów na szeroką skalę napotyka wiele przeszkód, jak na przykład koszty produkcji, kwestie bezpieczeństwa środowiskowego, trudności w skalowaniu, a także potencjalne skutki uboczne ich zastosowania. Wiadomym jest, że nanomateriały, choć są skuteczne w usuwaniu zanieczyszczeń, mogą jednocześnie działać toksycznie na mikroorganizmy, w tym pożyteczne bakterie odpowiedzialne za naturalne procesy rozkładu zanieczyszczeń w środowisku wodnym. Efekt obecności nanocząstek w wodzie może być dwójaki, z jednej strony oczyszczają one wodę z określonych zanieczyszczeń, ale jednocześnie mogą przyczyniać się do zachwiania równowagi biologicznej i osłabienia naturalnych procesów filtracji biologicznej. **Bardzo proszę o odniesienie się do tej kwestii, w kontekście zaproponowanych przez Panią materiałów.**

2.4. Ocena stosowanej metodologii, opisu badań własnych, dyskusji wyników i uwagi o charakterze merytorycznym do dyskusji

Ramowy plan badań został przedstawiony w formie schematu w rozdziale 3.1 (Teza i zakres pracy), a szczegółowy opis procesu wytwarzania nanostruktur jednowymiarowych i kolejno ich badania w rozdziale 3.2 zatytułowanym *Materiał badawczy*. Informacje zamieszczone w tych rozdziałach nie budzą zastrzeżeń, są przedstawione w sposób przejrzysty i wyczerpujący. Parametry procesu przedziałniczego zostały dobrane na podstawie studium literaturowego oraz własnego doświadczenia w tym zakresie, a proces kalcynacji prowadzono w atmosferze powietrza przy przepływie 1 ml/h, prędkości nagrzewania i chłodzenia pieca równej 5 °C/min, czas wygrzewania materiału w maksymalnej temperaturze wynosił max. 3 godziny. Stosowano jednakowe parametry procesu kalcynacji dla wszystkich czterech rodzajów włóknistych mat dobrane na podstawie analizy termogravimetrycznej TGA/DTA. Co istotne, ocenę aktywności fotokatalitycznej przeprowadzono w oparciu o obserwacje stopnia degradacji i kinetyk rozkładu barwnika modelowego w postaci błękitu metylowego z wykorzystaniem dwóch źródeł promieniowania elektromagnetycznego: lampy VL-330.BL o mocy 90 W emitującej długość fali równą 365 nm (promieniowanie ultrafioletowe) oraz lampy halogenowej o mocy 150 W emitującej promieniowanie z zakresu widzialnego. Uzyskane wyniki badań odniesiono do aktywności fotokatalitycznej komercyjnie stosowanego fotokatalizatora w formie nanocząstek TiO₂ – P25. Przeprowadzono dwa warianty badań: (1) stałe stężenie barwnika wynoszące 8 ppm i różna ilość fotokatalizatora wynosząca 100 oraz 500 mg/L, (2) stała ilość fotokatalizatora wynosząca 500 mg/L i dwa stężenia barwnika wynoszące odpowiednio 8 i 12 ppm. **Jeżeli chodzi o ocenę aktywności fotokatalitycznej, chciałabym zapytać dlaczego przyjęto takie właśnie parametry na potrzeby badania (ilość fotokatalizatora: 100 lub 500 mg/L, stężenie barwnika: 8 lub 12 ppm) i dlaczego przy różnym stężeniu barwnika 8 lub 12 ppm, zastosowano 500 mg/L fotokatalizatora, a w przypadku badań z zastosowaniem dwóch ilości fotokatalizatora (100 lub 500 mg/L) badanie prowadzono przy stężeniu barwnika 8 ppm?**

Podsumowując tę część pracy stwierdzam, że opis zastosowanych metod badawczych jest poprawny. Dużym atutem pracy, oprócz tematyki, jest wykorzystanie do realizacji celu wielu nowoczesnych technik badawczych oraz fakt, że zostały one dobrane rozważnie i każde badanie dostarczyło cennych wyników, które wnoszą wartość dodaną dla pracy. Przyjęty plan badawczy

jest bardzo obszerny i obejmuje nie tylko badania i analizy własności gotowych materiałów, ale także projektowanie i proces ich wytwarzania.

Wyniki badań własnych zostały przedstawione w rozdziale 4 pracy. Autorka na bieżąco opisuje i analizuje uzyskane wyniki badań. W pierwszej kolejności przedstawiono wyniki badań termogravimetrycznych TGA/DTA. Na podstawie uzyskanych wyników badań wyznaczono optymalną temperaturę kalcynacji nanowłókien polimer-prekursor i ustalono jej wartość na 500 °C w przypadku każdej z czterech rodzajów włóknistych mat. **W tym miejscu chciałabym zapytać czy prowadzono również proces kalcynacji przy innej temperaturze? Analiza krzywych TGA wskazuje na nieco odmienny przebieg w zależności od rodzaju nanowłókna, porównywalne są jedynie warianty PVP/Zn(NO₃)₂/Yb(NO₃)₃ oraz PVP/Zn(NO₃)₂/Eu(NO₃)₃** (rys. 17). W dalszej kolejności prowadzono obserwacje morfologii nanowłókien, przed i po procesie kalcynacji, z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego, określono także ich średnicę. Jedynym mankamentem tego rozdziału jest zamieszczenie zdjęć przedstawiających morfologię nanowłókien wykonanych przy różnych powiększeniach, co nieco utrudnia analizę (dotyczy rys. 18 i 19). Szkoda również, że nie przedstawiono zbiorczej tabeli zawierającej wyniki pomiaru średnich średnic włókien przed i po procesie kalcynacji, to zdecydowanie ułatwiłoby analizę wyników. W dalszej kolejności (rozdział 4.3) Autorka przedstawiła cenne wyniki badań nanowłókien po procesie kalcynacji uzyskane przy wykorzystaniu transmisyjnego mikroskopu elektronowego. Uzyskane wyniki badań jednoznacznie dowiodły prawidłowo dobranych warunków procesu wytwarzania nanowłókien, uzyskano jednorodną dyspersję pierwiastków chemicznych w nanowłóknach, co jest kluczowym czynnikiem wpływającym na skuteczność i efektywność aplikacji fotokatalitycznych. Pewnym mankamentem tego rozdziału, podobnie jak poprzedniego jest przedstawienie zdjęć wykonanych przy różnych powiększeniach, analiza jest zdecydowanie łatwiejsza kiedy wyniki są ustandaryzowane. W kolejnych rozdziałach Autorka analizuje wyniki widm uzyskanych z wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni z transformatą Fouriera, widm Ramana, XPS, dyfraktogramów rentgenowskich, powierzchni właściwej (BET) dla rozkładu wielkości porów (BJH). Uzyskane wyniki badania XPS również wykazały pomysłą inkorporację jonów itterbu i europu do sieci krystalicznej tlenku cynku. Atomowy skład pierwiastkowy w próbce ZnO:Yb³⁺:Eu³⁺ wyniósł 67,8% i 32,2%, odpowiednio dla jonów Eu³⁺ i Eu²⁺, z kolei Iterb został wbudowany do sieci krystalicznej tlenku cynku w postaci jonów Yb³⁺. **Chciałabym zapytać, czy jest to korzystne? Czy nie byłoby lepiej, gdyby wszystkie jony Eu, podobnie jak Yb wbudowały się do sieci ZnO w postaci jonów trójwartościowych lub dwuwartościowych?** Uzyskane wyniki analizy BET i BJH potwierdziły mezoporowaty charakter wytworzonych nanowłókien ceramicznych, co jest pożądaną własnością materiałów w zastosowaniach katalitycznych i fotokatalitycznych. Niezmiernie cennym rozdziałem w kontekście tematu niniejszej pracy jest *Analiza własności optycznych* badanych nanowłókien (rozdz. 4.9). Zgodnie z przewidywaniami, uzyskano redukcję wartości szerokości przerwy energetycznej (E_g) nanowłókien ZnO domieszkowanych europem i iterbem. Warto podkreślić, że wyniki przedstawione w recenzowanej rozprawie doktorskiej wskazują na wyraźniejsze obniżenie wartości przerwy pasma energetycznego, niż te uzyskiwane przez innych badaczy. Autorka wyjaśnia ten efekt synergistycznym oddziaływaniem między modyfikacjami struktury krystalicznej ZnO jonami metali ziem rzadkich, a mieszaniami orbitali p-d oraz tlenków metali, spowodowanym wzmożonym odkształceniem sieci krystalicznej ZnO pod wpływem domieszek. Wyniki badań XRD oraz wartości odkształceń sieci, obliczone metodą Haldera-Wagnera, potwierdzają ten efekt. Dalszym etapem prowadzonych prac były badania aktywności fotokatalitycznej nanostruktur jednowymiarowych ZnO, ZnO:Yb³⁺, ZnO:Eu³⁺ oraz ZnO:Yb³⁺:Eu³⁺. Badania prowadzono z udziałem dwóch źródeł promieniowania: ultrafioletowego oraz widzialnego, co miało na celu określenie wpływu domieszek jonów metali ziem rzadkich na zakres absorbowanego zakresu promieniowania. Prowadzono badania porównawcze aktywności fotokatalitycznej wytworzonych w ramach pracy doktorskiej nanowłókien ZnO, włókien ZnO domieszkowanych jonami europu i itterbu oraz komercyjnie stosowanego fotokatalizatora

w postaci cząstek TiO_2 – P25. Przeprowadzono proces fotodegradacji błękitu metylowego. Uzyskane wyniki badań dowiodły podwyższonej aktywności fotokatalitycznej elektroprzędzonych nanostruktur ZnO w porównaniu nanocząstek P25, co Autorka dysertacji przypisuje ich unikalnej morfologii. Stwierdzenie to jest prawdziwe jedynie dla stężenia fotokatalizatora wynoszącego 500 mg/L, jednakże różnica jest niewielka. W pozostałych przypadkach stopień degradacji barwnika był znacznie niższy, aniżeli komercyjnego. W przypadku 5-krotnie niższego stężenia fotokatalizatora, najlepsze rezultaty uzyskano dla komercyjnego produktu P25 (Tabela 11). W przypadku badań nad wpływem stężenia barwnika również najlepsze wyniki uzyskano dla komercyjnego produktu, wyjątkiem są wyniki otrzymane dla nanowłókna ZnO (przy stężeniu barwnika 8 ppm). W przypadku badań aktywności fotokatalitycznej prowadzonych w świetle widzialnym przy udziale lampy halogenowej najlepsze wyniki zarówno dla badań w zakresie wpływu stężenia fotokatalizatora, jak i stężenia barwnika przy stałej ilości fotokatalizatora równej 500 mg/L uzyskano dla nanostruktur $\text{ZnO}:\text{Yb}^{3+}:\text{Eu}^{3+}$.

Bardzo proszę o szerszy komentarz w tym zakresie. Badania porównawcze aktywności fotokatalitycznej realizowane w ramach niniejszej pracy dowiodły, że w przypadku badań prowadzonych z wykorzystaniem promieniowania ultrafioletowego, w większości przypadków najlepsze rezultaty uzyskano dla komercyjnego fotokatalizatora, z kolei w przypadku badań prowadzonych z zastosowaniem światła widzialnego, w większości wariantów najlepsze rezultaty uzyskano dla nanostruktur $\text{ZnO}:\text{Yb}^{3+}:\text{Eu}^{3+}$. Czy stosowanie nowych nanostruktur na bazie elektroprzędzonych włókien ZnO domieszkowanych jonami europu i iterbu przyniesie wymierny efekt, szczególnie w kontekście opłacalności ekonomicznej, a zwłaszcza na tle uzyskanych wyników badań? Ponadto chciałabym zapytać, jaki jest błąd pomiarowy przy określaniu stopnia degradacji barwnika w trakcie fotokatalizy?

Podsumowując stwierdzam, że przedstawione w pracy wyniki są bardzo ciekawe zarówno z punktu poznawczego, jak i użytecznego. Cennym aspektem pracy jest podsumowanie, w którym zebrano najważniejsze osiągnięcia pracy, zwrócono także uwagę na jeden z największych problemów dzisiejszych czasów, a mianowicie zanieczyszczenie środowiska naturalnego, zwłaszcza wód, i konieczność prac w zakresie poszukiwania nowych materiałów na fotokatalizatory. Ukazano także luki w aktualnym stanie wiedzy w tym zakresie, co dodatkowo potwierdza zasadność niniejszej pracy i celowość prowadzenia badań w tym zakresie.

Chciałabym podkreślić, że jestem pod wrażeniem pracy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Zaborowskiej-Kornagi. Zarówno dobór tematyki, jak i jakość uzyskanych wyników, poziom dyskusji, a także opracowanie pracy pod względem redakcyjnym są na bardzo wysokim poziomie.

2.5. Strona edycyjna pracy oraz poprawność językowa i stylistyczna

Korekta edytorska pracy jest wykonana bardzo starannie. Tekst napisany jest poprawnym językiem, z wykorzystaniem ogólnie przyjętej terminologii. Całość jest czytelna i spójna, co sprzyja płynności lektury. Autorka umiejętnie wzbogaciła opisy, dodając interesujące rysunki, wykresy oraz zdjęcia mikrostruktury, co znacznie zwiększa atrakcyjność pracy. Autorka nie ustrzegła się pewnych błędów językowych i redakcyjnych. Nie można mówić np. o „temperaturach”, tylko o „temperaturze”, która przyjmuje różne wartości, w manuskrypcie można znaleźć również literówki, które nie wpływają jednak na moją końcową pozytywną ocenę pracy. Jeżeli chodzi o jakość rysunków i tabel, to są one wykonane bardzo starannie.

Uważam ponadto, że tezę, cel i zakres pracy z korzyścią byłoby umieścić w osobnym rozdziale, nie jako podrozdział *Badań własnych*. Ponadto większość podrozdziałów zawierających wyniki badań nazwano jako „Analiza”, np. „Analiza termogravimetryczna TGA/DTA”, „Analiza SEM”, „Analiza TEM” itd.. Bardziej poprawną formą byłoby nazwanie tych rozdziałów np. „Wyniki badań termogravimetrycznych TGA/DTA”, „Wyniki badania mikrostruktury przy wykorzystaniu skaningowego mikroskopu elektronowego”, itd. Jak

zaznaczyłam wcześniej, niepotrzebnie również rozdziałom *Wstęp* oraz *Literatura* nadano numerację, ponadto brakuje w pracy spisu tabel i spisu rysunków.

Moje uwagi w tym zakresie nie wpływają na moją bardzo wysoką ocenę pracy.

3. Wniosek końcowy

Zdaniem recenzenta, oceniana dysertacja stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu, dowodzi ogólnej wiedzy teoretycznej Doktorantki w zakresie inżynierii materiałowej, a także potwierdza umiejętności prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Niewątpliwym osiągnięciem Doktorantki jest wytworzenie metodą elektroprzędzenia z roztworów i następnej kalcynacji jednowymiarowych nanostruktur ZnO domieszkowanych jonami europu i iterbu, charakteryzujących się podwyższoną aktywnością fotokatalityczną, rozszerzonym zakresem absorpcji promieniowania oraz wysoką powierzchnią właściwą. Uzyskane w ramach realizacji pracy wyniki badań dowiodły, że domieszkowanie jonami Yb^{3+} i Eu^{3+} struktury krystalicznej tlenku cynku znacząco zwiększyło stopień degradacji błękitu metylenowego przy użyciu światła widzialnego, przewyższając osiągi zarówno niedomieszkowanych nanowłókien ZnO, jak i komercyjnego fotokatalizatora P25. Dodatkowo dowiedziono, że nanostruktury ZnO, w porównaniu do P25, wykazały wyższą efektywność degradacji modelowego barwnika podczas naświetlania UV, co przypisano ich jednowymiarowej morfologii oraz innym właściwościom fizykochemicznym, jak mobilność elektronów.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa 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.

Biorąc pod uwagę wysoki poziom merytoryczny, szeroki zakres, aktualność tematyki, zaliczam rozprawę do kategorii wybitnie dobrej i zasługującej na wyróżnienie. Tym samym wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Marty Zaborowskiej - Kornagi.


.....
(podpis recenzenta)