

Poznań, 19.02.2021 r.

Dr hab. inż. Jarosław Markowski, prof. uczelni  
Instytut Konstrukcji Maszyn  
Wydział Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej  
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Mariusza Kamińskiego pt.

*Wpływ implantacji jonowej na właściwości mechaniczne materiałów stosowanych w budowie silników spalinowych*

Podstawa opracowania: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej WM/179/2020 z dnia 21 grudnia 2020 roku oraz ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z dnia 2018 roku, poz.1669). Ustawa z 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U. z 2016 roku poz. 882 ze zmianą: Dz. U. z 2016 roku poz. 1311) oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2016 roku poz. 1586).

### 1. Charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Mariusza Kamińskiego pt. „*Wpływ implantacji jonowej na właściwości mechaniczne materiałów stosowanych w budowie silników spalinowych*” została wydana w formie maszynopisu na Politechnice Lubelskiej, Wydziale Mechanicznym w 2020 roku. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Piotr Budzyński, profesor uczelni.

Praca jest obszerna, została zawarta na 110 stronach maszynopisu. W pracy znajdują się 64 ilustracje oraz 12 tabel. Bibliografia składa się z 153 pozycji naukowych, a także aktów prawnych, materiałów o charakterze informacyjnym i technicznym oraz odwołań do stron internetowych. Artykuły naukowe, na które autor powołuje się w swojej rozprawie to w większości publikacje o zasięgu międzynarodowym zarówno autorów krajowych jak i zagranicznych, mające związek z zagadnieniem podjętym w rozprawie.

## 2. Ocena wyboru tematyki rozprawy

Obróbka implantacyjna należy do nowych i przyszłościowych technologii inżynierii powierzchni. Polega ona na wprowadzaniu do warstwy wierzchniej materiału, zjonizowanych atomów pierwiastków stopowych. Obróbka implantacyjna umożliwia modyfikację cech warstwy wierzchniej ze strukturami metastabilnymi, amorficznymi, przesyconych roztworów, umocnionymi dyspersyjnie itd. Dzięki temu w warstwie powierzchniowej materiału można znacznie zwiększyć odporność na korozję, ścieranie, zmęczenie i poprawić właściwości mechaniczne.

Przemysłowe zastosowanie metod implantacji jonami realizowane jest już od lat 90-tych ubiegłego wieku. Najbardziej rozpowszechniona została technologia implantacji azotem, zwłaszcza w technologii produkcji narzędzi skrawających i do obróbki plastycznej, która pozwala na dziesięciokrotne zwiększenie trwałości. Uzyskiwane zwiększenie trwałości zależy nie tylko od rodzaju implantowanego materiału i implantujących jonów, ale również w bardzo dużym stopniu od materiału współpracującego. W odniesieniu do części maszyn technologia ta nie jest tak szeroko rozpowszechniona.

Rozwój konstrukcji silników spalinowych stawia nowe wymagania technologiczne elementom konstrukcji wynikające z ich warunków eksploatacji. W odniesieniu do układów zasilania paliwem silników o zapłonie samoczynnym, gdzie w kolejnych ich wersjach, większe wymagania związane z parametrami pracy elementów wykonawczych, takimi jak krótszy czas otwarcia i zamknięcia wtryskiwacza, większa wartość ciśnienia paliwa, większa liczba wtrysków paliwa wynikająca z podziału na części dawki przypadającej na jeden cykl pracy silnika, przy jednoczesnym oczekiwaniu dużej trwałości, stawiają nowe wyzwania technologiczne i materiałowe. Wszystko to potwierdza aktualność podjętego przez Doktoranta tematu. Przedstawione w pracy autorskie badania stanowią istotny wkład w niniejsze zagadnienia technologiczne. Potwierdzają możliwość wykorzystania tych nowoczesnych technik wytwarzania do poprawy właściwości warstwy wierzchniej wybranych elementów składowych silników spalinowych dla zwiększenia ich trwałości eksploatacyjnej.

Mont 2015

### 3. Ocena treści rozprawy

**Rozdział pierwszy** pt.: „Wprowadzenie” zajmuje 1,25 strony i zakończony jest krótkim uzasadnieniem podjęcia tematu. W rozdziale tym autor zwraca uwagę na trwałość elementów maszyn i wskazuje charakterystykę struktury powierzchni materiałów i właściwości ich warstwy wierzchniej jako czynniki o dużej istotności w tym zakresie. Wskazuje na istnienie wielu metod modyfikacji warstwy wierzchniej, spośród których wskazuje jako implantację jonową, jako interesującą w aspekcie wykorzystania w technologiach produkcji wybranych części silnikowych.

**Rozdział drugi** pt. „Analiza dotychczasowego stanu wiedzy” ma charakter dydaktyczny. Przedstawiona jest w nim definicja i najważniejsze informacje dotyczące warstwy wierzchniej oraz kwestia parametryzacji jej właściwości. Przedstawiono istotę implantacji jonów, jej wpływ na właściwości mechaniczne warstwy wierzchniej materiałów – dostępne w opisach literaturowych badań, oraz aktualne kierunki prac badawczych w obszarze wykorzystania technologii implantacji jonów. W drugiej części rozdziału przybliżono charakterystykę materiałów stosowanych w budowie silników spalinowych, krótko przybliżono problematykę niezawodności silników spalinowych ukierunkowując na kwestię niezawodności układów zasilania w silnikach o zapłonie samoczynnym. Rozdział podsumowano wskazując na możliwy obszar zastosowania implementacji jonowej jako technologie uzupełniające proces produkcji wybranych elementów silników spalinowych.

W **rozdziale trzecim** przedstawiono tezę, cel i zakres pracy. Na początku rozdziału autor przechodzi do sformułowania tezy pracy, a następnie określa dwa cele pracy: naukowy i użyteczny. Autor jako cel naukowy przyjmuje ocenę zmian w strukturze materiału jego topografii powierzchni, współczynnika tarcia, odporności na zużycie tribologiczne oraz twardości warstwy wierzchniej stopu kobaltu - stellit 6, wywołanych implantacją jonów azotu oraz manganu. Jako cel użyteczny przyjmuje określenie wpływu implementacji jonowej wybranych elementów układu zasilania silnika o zapłonie samoczynnym na ich działanie i zużycie podczas opracowanego testu eksploatacyjnego. Przebieg realizacji postawionych celów, Autor przedstawił skrótowo w zawartym w rozdziale zarysie zakresu pracy.

**Rozdział czwarty** przedstawia obiekt i metody przeprowadzonych badań. W rozdziale tym

Autor zawarł informacje dotyczące wybranych obiektów badań, zarówno w zakresie przygotowania próbek jak i przeprowadzonego procesu implantacji jonów na tych obiektach. Przedstawiona metodyka badawcza obejmuje swoim zakresem badania zmian krystalograficznych w strukturze implantowanego materiału, badania twardość i badania tribologiczne implantowanych powierzchni oraz badania eksploatacyjne w opracowanym teście na stanowisku badawczym.

**W rozdziale piątym** przedstawiono zgromadzony materiał badawczy w postaci wyników badań oraz ich interpretacji. Przedstawiono tu wyniki badań nad oceną zmian strukturalnych stopu kobaltu stellite 6 wywołane implantacją jonową, oceną wpływu implantacji jonów na zmiany mikro- i nanotwardości, ocenę wyników badań tribologicznych. W zakresie rozdziału zawarto również badania dotyczące elementów składowych wtryskiwaczy obecnie szeroko stosowanych w zasobnikowych układach zasilania paliwem silników o zapłonie samoczynnym. Badania miały charakter eksploatacyjny. Po ich przeprowadzeniu dokonano ocenę porównawczą badanych elementów w zakresie zmiany topografii warstwy wierzchniej zaworów sterujących oraz oceny stanu warstwy wierzchniej iglic rozpylaczy. Analizie poddano również wyniki badań w zakresie pomiarów wydatku wtryskiwaczy w stanowiskowym teście eksploatacyjnym.

**Rozdział szósty** zawiera wnioski końcowe z przeprowadzonych analiz wyników badań.

Jako **rozdział siódmy** umieszczono literaturę, a pracę kończy krótkie streszczenie w języku polskim i angielskim.

#### **4. Uwagi ogólne**

Przedstawiona do recenzji praca pt. „*Wpływ implantacji jonowej na właściwości mechaniczne materiałów stosowanych w budowie silników spalinowych*” w swej treści jest zgodna z tytułem. Jednak należy podkreślić że tytuł jest o charakterze dość ogólnym i zamieszczone w pracy treści stanowią pewien wycinek szerokiego zakresu materiałów stosowanych w budowie silników spalinowych. W związku z tym, proponuję w rozdziale 2 dotyczącym analizy dotychczasowego stanu wiedzy, podrozdział „2.4 Materiały stosowane w budowie silników spalinowych” przestawić na początek rozdziału. Podobnie w dalszej kolejności podrozdziały 2.5 i 2.6. jako stanowiące w swej zawartości informacje o charakterze ogólnym. Dopiero po tych informacjach proponuję umieścić zawartości podrozdziałów 2.1, 2.3

i 2.3 jako tych argumentujących wybraną tematykę podjętego zagadnienia badawczego. Ponadto uważam że, tytuł podrozdziału 2.6 „Wpływ sprawności działania układu wtrysku paliwa na działanie silnika spalinowego” jest niezgodny z treścią w nim zamieszczoną. Mianowicie w podrozdziale tym zamieszczono ogólną budowę zasobnikowego układu zasilania silnika o zapłonie samoczynnym, budowę poszczególnych generacji wtryskiwaczy stosowanych w tych układach zasilania oraz przedstawiono ogólną diagnostykę wtryskiwaczy. W rozdziale tym nie przedstawiono związku poprawności pracy układu zasilania z działaniem silnika spalinowego. Dlatego proponuję zmienić nazwę podrozdziału na „Zasobnikowy układ zasilania silnika o zapłonie samoczynnym – problemy eksploatacyjne i metody diagnozowania”.

W rozdziale trzecim przedstawiono następującą tezę pracy „Implantacja jonowa wpływa na poprawę właściwości mechanicznych warstwy wierzchniej materiałów stosowanych w budowie silników spalinowych”. Teza ta w odniesieniu do dalszych treści zawartych w dysertacji jest bardzo ogólna i powinna zostać zawężona. Częściowo Autor to uczynił określając cel naukowy i cel użyteczny:

„1. Cel naukowy – określenie zmian w strukturze materiału, zmian topografii powierzchni, współczynnika tarcia, odporności na zużycie tribologiczne oraz twardości warstwy wierzchniej stopu kobaltu stellite 6, wywołanych implantacją jonów azotu oraz manganu.

2. Cel użyteczny – poddanie implantacji jonowej elementów wysokociśnieniowych wtryskiwaczy paliwa oraz określenie wpływu implantacji jonowej na ich pracę oraz zużycie w trakcie testu eksploatacyjnego”.

W odniesieniu do celu użytecznego rozumiem, że aby określić wpływ implantacji jonowej na pracę oraz zużycie elementów wysokociśnieniowych wtryskiwaczy paliwa w trakcie testu eksploatacyjnego, najpierw trzeba poddać je procesowi implementacji jonowej. Więc uważam że, cel użyteczny powinien brzmieć – **ocena wpływu implantacji jonowej na parametry eksploatacyjne i zużycie elementów wysokociśnieniowych wtryskiwaczy paliwa na podstawie opracowanego testu weryfikacyjnego.**

Pozytywnym aspektem dysertacji jest przyjęta metodyka realizacji prac badawczych zmierzająca do uzyskania postawionych celów. Chronologia w postępowaniu jest stosowana konsekwentnie dla przyjętych badań podstawowych w odniesieniu do próbek modyfikowanych

przez implantację jak i próbek referencyjnych.

Uważam że, praca ma dużą wartość poznawczą, ponieważ jej realizacja dostarczyła ilościowych danych o wpływie implementacji jonowej na wybrane materiały stosowane do budowy mocno obciążonych części silników spalinowych. Uzyskane wyniki oraz opracowane procedury mogą być stosowane do opracowania rozwiązań technologicznych związanych z produkcją wybranych części silników spalinowych. Zgromadzone dane mogą być także wykorzystane do opracowania testów badawczych do weryfikacji jakości technologii przemysłowych w produkcji tych elementów.

Edycja pracy jest dobra. Wykresy, poza nielicznymi wyjątkami są czytelne. Liczbę błędów językowych uważam za przeciętną, a zauważone błędy i uchybienia oraz wątpliwości, jakie mi się nasunęły podczas czytania rozprawy przedstawiono poniżej jako uwagi szczegółowe.

## 5. Uwagi szczegółowe

Zauważone błędy i uchybienia oraz wątpliwości, jakie zauważono podczas czytania rozprawy o charakterze szczegółowym.

- Str. 4 u dołu strony: *Miejsce i data wydania pracy* Lublin 2019 – niezgodna z datą wydania umieszczoną na okładce Lublin 2020.
- Str. 7 w. 3: Słowo „doza” *propomuję zastąpić „dawką” i stosować konsekwentnie w całej pracy jako dawka implantowanych jonów.*
- Str. 7 w. 29: „Wysokość najwyższego wzniesienia powierzchni” – *zamienić na „Wysokość największego wzniesienia powierzchni”.*
- Str. 7 w. 32: „Wartość najniższego wgłębienia powierzchni” – *zamienić na „Wartość najmniejszego wgłębienia powierzchni”.*
- Str. 8 w. 12: „Współczynnik efektywności przepływu przez dyszę wtryskiwacza” – *zamienić na „Współczynnik efektywności przepływu paliwa przez dyszę wtryskiwacza”.*
- Str. 9 w. 5: „ ... do obniżenia ich emisyjności oraz szkodliwego wpływu na środowisko naturalne.” – *zamienić na „ ... do zmniejszenia ich szkodliwego wpływu na środowisko*

naturalne.”

- Str. 9 w. 13: „Podwyższenie trwałości maszyn pociąga za sobą obniżenie zużycia energii, a co za tym idzie zmniejszenie negatywnego oddziaływania na środowisko oraz wzrost opłacalności produkcji i późniejszej ich eksploatacji.” – *zamienić na* „Zwiększenie trwałości maszyn skutkuje zmniejszeniem zużycia energii i negatywnego oddziaływania na środowisko oraz zwiększeniem opłacalności produkcji i eksploatacji”.
- Str. 11. *Podpis rysunku. Jest to pierwszy rysunek w pracy i kropki w tym podpisie znajdują się zarówno po numerze rysunku jak i na końcu podpisu. W związku z tym taka edycja podpisów powinna być kontynuowana w całej pracy, a już w podpisach pod kolejnymi dwoma rysunkami na stronach 14 i 16, końcu podpisu brakuje kropki, a następnym kropka również nie występuje także za numerami rysunków i tak konsekwentnie do końca pracy.*
- Str. 12. w. 28: „ – wytwarzanie narzędzi oraz części maszyn i urządzeń z materiałów o **niższych** właściwościach użytkowych, a następnie nadawanie lepszych cech użytkowych fizycznej powierzchni... ” – *zamienić na* „– wytwarzanie narzędzi oraz części maszyn i urządzeń z materiałów o **gorszych** właściwościach użytkowych, a następnie nadawanie lepszych cech użytkowych fizycznej powierzchni...”.
- Str. 12. w. 41: „ – technologie elektronowe (m. in. natapianie, **wyżarzanie**),” – *wyżarzanie należy do obróbki cieplnej.*
- Str 13. w. 1 i w. 2:

„– wykorzystanie chemicznych metod osadzania próżniowego,

– wykorzystanie fizycznych metod osadzania próżniowego” – *zdania te wymieniane jako kontynuacja poprzedniej zapisanej myśli powinny dotyczyć technologii i powinny być zapisane:*

Wyróżnia się szereg różnego rodzaju procesów technologicznych mających wpływ na właściwości warstwy wierzchniej materiału, do których można zaliczyć [16], [67], [68], [123]:

...

„- chemiczne metody osadzania próżniowego,  
- fizyczne metody osadzania próżniowego,”

*W tym akapicie również należy uporządkować znaki interpunkcyjne.*

*W obszarze całej pracy występują zwroty wiążące niewłaściwie przymiotniki z rzeczownikami, które przykładowo przytaczam poniżej:*

...wzrasta liczba – *proponuję użyć zwrotu* – zwiększa się liczba,

...ze wzrostem dozy (dawki) – *proponuję użyć zwrotu* – ze zwiększeniem dawki,

...wysoka dokładność – *proponuję użyć zwrotu* – duża dokładność,

Domieszkowanie jonów w strukturę materiału... – *proponuję użyć zwrotu* –  
Wprowadzanie jonów pierwiastków w strukturę materiału...,

...zdefektowanie sieci krystalicznej – *proponuję użyć zwrotu* – zmiana struktury sieci  
krystalicznej,

...wzrost mikrotwardości – *proponuję użyć zwrotu* – zwiększenie mikrotwardości,

...zbytne zwiększanie energii – *proponuję użyć zwrotu* – nadmierne zwiększanie energii,

...ilość publikowanych prac – *proponuję użyć zwrotu* – liczbę publikowanych prac,

...jest to temat nadzwyczaj aktualny – *proponuję użyć zwrotu* – jest to temat aktualny,

...wyższa wytrzymałość – *proponuję użyć zwrotu* – większa wytrzymałość,

...niższy współczynnik rozszerzalności cieplnej – *proponuję użyć zwrotu* – mniejszy  
współczynnik rozszerzalności cieplnej,

...niższy moduł sprężystości – *proponuję użyć zwrotu* – mniejszy moduł sprężystości,

...wyższe przewodnictwo cieplne – *proponuję użyć zwrotu* – większy współczynnik  
przewodnictwa cieplnego,

...wyższa odporność na obciążenia cieplne – *proponuję użyć zwrotu* – większa odporność



na obciążenia cieplne,

...wzrostu odporności na korozję – *proponuję użyć zwrotu – zwiększenia odporności na korozję,*

Zawory dolotowe są studzone poprzez świeży ładunek – *proponuję użyć zwrotu – Zawory dolotowe są chłodzone przepływającym świeżym ładunkiem*

Jak już zostało wspomniane zawory silników spalinowych wykonywane są głównie ze stali, ... – *proponuję ograniczyć się do zdania w formie – zawory silników spalinowych wykonywane są głównie ze stali, ...*

*itp.*

- Str. 27 rysunek 2.7. *W opisach rysunku można pominąć opisy w nawiasach związane z potocznym nazewnictwem zaworów silnikowych „ssący”, „wydechowy”, opis „wylot spalin” zastąpić opisem „kanał wylotowy”, „korba wału korbowego” – opisem „wał korbowy”. Na rysunku widnieje opis „świeca zapłonowa” w związku z tym w opisie pod rysunkiem trzeba uzupełnić o dopełnienie opisu „...silnika spalinowego o zapłonie iskrowym”*
- Str. 41 ostatni akapit: *„W celu realizacji celów użytkowych pracy postanowiono przeprowadzić badania eksploatacyjne elementów silnika spalinowego.” – W celu realizacji celów – mamy do czynienia z powtórzeniem natomiast dodatkowo należy zwrócić uwagę, że cel użytkowy w rozdziale 3 określono jako jeden.*
- Str. 45 ostatni akapit: *„Zasięg jonów implantowanych w strukturę materiału określony został metodą symulacyjną z wykorzystaniem programu numerycznego SRIM 2013. ” - Są to wszystkie informacje, co do przeprowadzonej symulacji poza dwoma wykresami przedstawionymi na kolejnej stronie 46. Brakuje w tym miejscu przedstawienia samego eksperymentu symulacyjnego w postaci opisu, określenia wartości danych wyjściowych, kilku informacji o algorytmie zaimplementowanym w modelu. Informacje te przybliżyłyby czytelność uzyskanych wyników i ewentualne zależności zawarte w programie.*
- Str. 47 Rysunek 4.5: *Na rysunku brakuje krawędzi, osi symetrii przedstawianych elementów gniazda zaworu oraz iglicy rozpylacza. Iglica rozpylacza nie powinna być rysowana*

w przekroju wzdłużnym. Kąty na rysunku i w opisie powinny być oznaczane w kontekście kierunku jonów docierających na powierzchnie gniazda oraz iglicy. w związku z tym w odniesieniu do gniazda kąt padania jonów na powierzchnię gniazda wynosi  $60^\circ$ , a w odniesieniu do iglicy rozpylacza wynosi  $30^\circ$ .

- Str. 48. Rysunek 4.6 – Opis pod rysunkiem nie powinien kończyć się adnotacją, że rysunek opracowano w oparciu o badania własne. Wszystkie rysunki w pracy traktuje się jako własne z wyjątkiem tych, które zapożyczono z literatury i w tym przypadku należy umieścić odpowiedni przypis.
- Str. 48. – przypis pod równaniem: niepotrzebny wyraz „zaś”.
- Str. 50 – Tabela 4.5, str. 65 – Rysunek 5.9, str. 69 – Rysunek 5.13, str. 75 – Rysunek 5.19 – wyraz „Ilość” w odniesieniu do cykli powinien zostać zastąpiony wyrazem „liczba”.
- Str. 72 – Rysunek 5.169, str. 77 – Rysunek 5.21 – Wykresy na rysunkach zbyt małe a przez to niewyraźne, co uniemożliwia ocenę wyników.
- Str. 97, w pozycji literaturowej [4], str. 98, w pozycji literaturowej [14–17], str. 100, w pozycji literaturowej [44], str. 102, w pozycji literaturowej [65, 71, 77], . str. 104, w pozycji literaturowej [94], str. 105, w pozycji literaturowej [116], str. 106, w pozycji literaturowej [119, 125, 127], – W pozycjach literaturowych o polskich tytułach pomiędzy autorami widnieje wyraz „and”. Celowe wydaje się aby zastąpić go zwyczajnym przecinkiem.

## 6. Podsumowanie

Autor w dysertacji podjął się oceny wpływu implementacji jonowej na właściwości mechaniczne wybranych materiałów stosowanych w budowie silników spalinowych, które poddane są wymagającym warunkom eksploatacyjnym. Uważam, że uzyskane wyniki mają duże walory poznawcze i mogą być wykorzystane do opracowania procesów technologicznych w produkcji masowej wybranych elementów jak np. badanych w ramach realizacji rozprawy – elementów układu zasilania paliwem silników o zapłonie samoczynnym.

Pomimo przytoczonych uwag krytycznych, które w większości dotyczą kwestii edytorskich, przedstawiona praca stanowi rozwiązanie postawionego problemu naukowego. Należy

podkreślić, że przyjęta metodyka prac jest zgodna z przyjętymi zasadami realizacji prac naukowych i wskazuje na odpowiedni dobór narzędzi badawczych stanowiących przysłowiowy warsztat badawczy i naukowy doktoranta. Uzyskane wyniki posłużyły do wyciągnięcia wniosków odnoszących się wprost do przyjętej tezy i celów rozprawy. Przeprowadzone prace stanowią wkład naukowy i uzupełnienie prac z zakresu wykorzystania technologii implementacji jonowej w dziedzinie konstrukcji i eksploatacji maszyn w dyscyplinie inżynierii mechanicznej.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa mgr. inż. Mariusza Kamińskiego pt. *„Wpływ implantacji jonowej na właściwości mechaniczne materiałów stosowanych w budowie silników spalinowych”* spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w rozumieniu Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z dnia 2018 roku, poz.1669), Ustawy z 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U. z 2016 roku poz. 882 ze zmianą: Dz. U. z 2016 roku poz. 1311) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2016 roku poz. 1586). W związku z tym przedstawiona rozprawa stanowi podstawę do dopuszczenia mgr. inż. Mariusza Kamińskiego do publicznej obrony oraz nadania stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

*Jaworski Marcin*  
19.02.2021