

dr hab. Aleksandra Kolano-Burian

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych

44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 5

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr. inż. Bernarda Kurowskiego

pt.: „Wpływ składu chemicznego i obróbki cieplnej na strukturę

i wybrane właściwości wieloskładnikowych stopów typu FeNiCoAlSi”

Recenzja została opracowana w związku z pismem Zastępcy Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa prof. dr hab. inż. Anny Boczkowskiej, z dnia 20 września 2024 roku.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr. inż. Bernarda Kurowskiego koncentruje się na badaniach nowej grupy materiałów inżynierskich, średnio- (MEA) i wysokoentropowych (HEA) wieloskładnikowych stopów typu FeNiCoAlSi, z naciskiem na ich skład chemiczny, strukturę i właściwości fizykochemiczne, w tym magnetyczne oraz mechaniczne. Tematyka pracy wpisuje się w aktualne trendy badawcze w inżynierii materiałowej, szczególnie w kontekście poszukiwania nowych materiałów o złożonej strukturze i wysokiej funkcjonalności, które mogą być wykorzystywane w przemyśle i nowoczesnych technologiach.

Wybór tematyki pracy doktorskiej jest jak najbardziej właściwy, ponieważ badania tej grupy materiałów cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem w wielu ośrodkach naukowych na całym świecie.

Z punktu widzenia Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Materiałowa”, tematyka pracy została dobrana właściwie, w pełni wpisując się w problematykę z zakresu inżynierii materiałowej. Ponadto za podjęciem tej tematyki przemawia również bardzo duże doświadczenie badawcze w tym zakresie ośrodka, w którym w głównej mierze realizowana była praca, a w szczególności promotora pracy prof. dr. hab. inż. Dariusza Oleszaka.

Przedstawiona rozprawa ma klasyczny układ zawierający analizę obecnego stanu wiedzy, związaną ze stopami charakteryzującymi się średnią i wysoką wartością entropii,

umotywowane cele pracy oraz jej zakres, opis metod badawczych, które zostały wykorzystane do osiągnięcia postawionych celów, przedstawienie wyników badań oraz ich analizę, podsumowanie, wnioski końcowe oraz spis literatury, ilustracji i tabel. Układ ten jest przejrzysty i spójny dla osoby czytającej rozprawę.

Rozprawa zawiera 140 stron. Wstęp rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Bernarda Kurowskiego zawiera wprowadzenie dotyczące zapotrzebowania na nowe materiały o unikalnych właściwościach mechanicznych i magnetycznych, szczególnie w kontekście stopów wieloskładnikowych, oraz podkreślenie potencjału zastosowań stopów typu FeNiCoAlSi. Autor zwraca uwagę, że materiały należące do tej grupy, ale posiadające właściwości ferromagnetyczne są rzadkością i stanowią ciekawy obszar badawczy.

Analiza aktualnego stanu wiedzy została przedstawiona przez Autora w Rozdziale 2, który stanowi ponad 1/3 całej rozprawy doktorskiej (39 stron). Analiza literatury została oparta na 107 pozycjach literaturowych, które w większości zostały adekwatnie wybrane. Rozdział ten został podzielony na trzy części. W pierwszej z nich Autor opisuje parametry oraz zależności strukturalne, jakim podlegają badane przez Niego stopy. Autor skupił się na opisanu głównych czynników sprzyjających powstawaniu tego typu materiałów. W sposób relatywnie szczegółowy opisuje takie zjawiska, jak efekt powolnej dyfuzji, zniekształcenia sieci krystalicznej czy efekt koktajlowy. Podrozdział ten został podsumowany zagadnieniem opisującym badane materiały w kontekście innych grup materiałów. Według Recenzenta przygotowanie tego fragmentu pracy jest bardzo trafne i pozwala nawet niezorientowanemu czytelnikowi zrozumieć, dlaczego materiały średnio- oraz wysokoentropowe stanowią przedmiot zainteresowania wielu grup badawczych zarówno w kraju, jak i za granicą.

W drugiej części Rozdziału 2, Autor podjął próbę opisanie zjawiska magnetyzmu w zakresie wymaganym obszarem prowadzonych badań. W tej części pracy Autor podjął próbę, niezbyt udaną, wprowadzenia czytelnika w obszar materiałów magnetycznych. Podrozdział ten jest dość chaotyczny. Na przestrzeni trzech linijek tekstu Autor przechodzi od starożytnego kompasu w kształcie łyżeczki do produkcji magnesów na skalę przemysłową. Niestety wiele zdań ma zaburzony ciąg logiczny, nierzadko pojawiają się zdania wyrwane z kontekstu. Nie definiując określenia „podatność magnetyczna”, Autor umieszcza rysunek 15, który pozostawia bez komentarza. Autor podejmuje próbę opisanie trzech rodzajów materiałów: ferromagnetyków, paramagnetyków oraz diamagnetyków. Niestety robi to w sposób nieskładny. Miesza właściwości makroskopowe z efektami z poziomu atomowego. W pewnym momencie stwierdza: *„Za pomocą teorii kwantowej można wyprowadzić równanie diamagnetyzmu różnych pierwiastków”*. Zapewne zdanie to jest prawdziwe, jednak myśl ta nie jest w żaden sposób kontynuowana. Autor, nie opisując podstawowych zjawisk występujących w materiałach magnetycznych, przechodzi do rozważań związanych z energią wymiany oraz polem molekularnym Weissa. Z kolei na str. 33 Autor porusza kwestię zjawiska ferrimagnetyzmu. Jest to zjawisko dość szczególne i materiały badane przez Autora nie charakteryzują się nim. Ponad pół strony Autor poświęca zagadnieniu magnetyzmu ferrytów. Zdaniem Recenzenta jest to zbędne, tym bardziej, że w dalszej części pracy Autor nie nawiązuje do tych informacji. W Podrozdziale 2.2.2 Autor porusza kwestię anizotropii krystalicznej. Zdaniem Recenzenta, kwestia ta jest nie potrzebna w niniejszej pracy z uwagi na fakt, że doktorant nie prowadził żadnych badań związanych z analizą anizotropii właściwości magnetycznych. Kolejny fragment pracy Autor poświęca charakterystyce materiałów ferromagnetycznych. Jest to temat bardzo szeroki i nie powinien się ograniczać do wspomnienia o istnieniu domen magnetycznych. Podrozdział ten kończy się rysunkiem zawierającym zależności między gęstością strumienia magnetycznego a polem magnesującym dla trzech typów materiałów, tj. ferro-, dia- i paramagnetyków. Umieszczenie tego rysunku

w rozdziale o charakterystyce materiałów ferromagnetycznych jest dość dyskusyjne. W Rozdziale 2.2.5 Doktorant omawia materiały magnetycznie twarde. Zwraca tu uwagę na rolę powłok elektronowych oraz dodatków stopowych, cytując niekwestionowanego eksperta w tej dziedzinie – prof. dr hab. inż. Marcina Leonowicza. W dalszej części w sposób skrótowy Autor charakteryzuje grupy materiałów o miękkich właściwościach magnetycznych. Skoro Doktorant zdecydował się na powstanie rozdziału poświęconego materiałom magnetycznie miękkim, powinien to zrobić dokładniej, w szczególności jeśli chodzi o część dotyczącą materiałów amorficznych. Ta część opisu w przedstawionej formie nie daje żadnych rzetelnych informacji, a wręcz może spowodować, że osoba czytająca wyrobi sobie błędny pogląd na tego typu materiały. Ponadto Doktorant nie wspominał w ogóle o materiałach nanokrystalicznych. Zdaniem Recenzenta, Podrozdział 2.2.6 powinien zostać poprawiony.

W Rozdziale 2.3 Autor dokonał przeglądu wieloskładnikowych stopów typu FeNiCoAlSi oraz pokrewnych, wykazujących interesujące właściwości magnetyczne. Swoją analizę oparł na 15 publikacjach. Rozdział ten jest dobrze przygotowany, zawiera wiele konkretnych informacji i pozwala czytelnikowi usystematyzować sobie wiedzę związaną z analizowaną przez Autora grupą materiałów. Treści zawarte w tym rozdziale oraz umiejscowienie go w dysertacji jest trafne.

Bezpośrednio po przeglądzie literaturowym Autor precyzuje cel pracy, którym było wytworzenie i charakterystyka pod względem struktury oraz właściwości mechanicznych i magnetycznych wybranych wieloskładnikowych stopów z układu FeNiCoAlSi, zarówno w stanie po wytworzeniu, jak i po obróbce cieplnej. Ponadto Doktorant sformułował cel aplikacyjny pracy związany z badaniem możliwości wytworzenia stopów półtwardych magnetycznie, lokujących się pod względem właściwości pomiędzy miękkimi i twardymi magnetykami.

W kolejnej części pracy, w Rozdziale 4, zostały szczegółowo opisano metody badawcze zastosowane w pracy. Obejmują one dyfrakcję rentgenowską (XRD), badania mikrostruktury z użyciem mikroskopii świetlnej i elektronowej (SEM i TEM), mikroskopii sił atomowych (AFM), a także pomiary twardości metodą Vickersa i badania magnetyczne z wykorzystaniem magnetometru z wibrującą próbką (VSM). W tej części pracy Autor zawarł również weryfikację parametrów termodynamicznych oraz opisał proces wytwarzania materiałów do badań.

Rozdział 5 recenzowanej pracy zawiera szereg wyników badań własnych uzyskanych dla grupy stopów opisanych wzorem $(\text{FeNiCo})_{100-x} - (\text{AlSi})_x$. W części tej Autor zawarł informacje w sposób schematyczny i uporządkowany, dzieląc rozdział na podrozdziały zatytułowane adekwatnie do stosowanych technik badawczych. Taki sposób prezentowania wyników jest godny pochwalenia, ponieważ pozwala on na łatwą analizę treści przez czytelnika. Wartym zauważenia jest fakt, że Doktorant każdy z podrozdziałów kończy pewnego rodzaju podsumowaniem. Dzięki tej formule czytelnik z łatwością zauważa, jakie wnioski zostały wyciągnięte na podstawie analizy otrzymanych wyników.

Jako punkt wyjścia, w Podrozdziale 5.1 przedstawiono wyniki badań dotyczące składu chemicznego i struktury wytworzonych stopów. Bardzo cenne jest to, że Doktorant miał dostęp do tak wielu technik badawczych, które pozwoliły na dogłębne zbadanie wytworzonych materiałów, ale przede wszystkim umożliwiły zdobycie wiedzy w zakresie prowadzenia eksperymentów oraz analizy uzyskanych wyników. Wiedza ta niewątpliwie będzie procentowała w dalszej pracy naukowej. Forma przedstawienia uzyskanych rezultatów w tej części pracy nie budzi zastrzeżeń co do ich wiarygodności. Wyniki są rzetelnie przedstawione w formie wykresów, tabel oraz obrazów mikroskopowych.

Należy zwrócić uwagę, że Doktorant przeprowadził badania ukierunkowane na ocenę właściwości magnetycznych. Jedynymi parametrami, jakie zostały wyznaczone są wartości magnetyzacji nasycenia i pola koercji. Pewien niedosyt pozostawia fakt, że wszystkie wyniki

odnoszą się do materiałów znajdujących się w temperaturze pokojowej. Szkoda, że Doktorant, dysponując magnetometrem wysokiej klasy, dającym taką możliwość, nie pokusił się o przeprowadzenie badań wybranych parametrów magnetycznych w funkcji temperatury. Pozyskana w ten sposób wiedza, byłaby bardzo cenna w kontekście potencjalnych zastosowań. Rozdział 5 jest kompendium wyników badań zaprezentowanych w formie graficznej oraz zawiera ich szczegółowy opis. Dyskusja wyników znalazła się w rozdziale 6 i została połączona z podsumowaniem całej pracy, co Autor zmieścił na zaledwie 5 stronach. W rozdziale tym omówione zostały wyniki badań w kontekście ich znaczenia praktycznego. Wyjaśniono mechanizmy wpływające na mikrostrukturę i właściwości badanych stopów, wskazując na możliwość ich zastosowania. Szkoda, że dla tak wartościowej pracy, gdzie wykonano wiele bardzo ciekawych badań, nie przeprowadzono głębszej analizy wyników. Autor poprzestaje na stwierdzaniu faktów, nie podejmuje dyskusji, nie poszukuje przyczyn, nie próbuje tłumaczyć. Odnosi się jedynie do badań przeprowadzonych w innych ośrodkach naukowych.

Rozdział 7 zawiera podsumowanie kluczowych wyników, które zebrane zostały w 10 punktach. Praca wskazuje, że stopy FeNiCoAlSi mają duży potencjał aplikacyjny dzięki swoim unikalnym właściwościom mechanicznym i magnetycznym, które można modyfikować poprzez zmiany składu chemicznego i obróbkę cieplną.

Zamieszczona na końcu pracy doktorskiej, Bibliografia, zawiera 107 pozycji literaturowych, głównie są to artykuły pochodzące ze specjalistycznych czasopism anglojęzycznych. Spis cytowanych pozycji jest sporządzony starannie, a sposób ich doboru świadczy o dobrej znajomości tematyki prowadzonych badań.

Warto zauważyć, że zrealizowane badania przyczyniają się do poszerzenia wiedzy dotyczącej wieloskładnikowych średnio- i wysokoentropowych stopów typu FeNiCoAlSi. Zawarta w pracy wiedza ma charakter poznawczy, co w konsekwencji może przybliżyć do zastosowania materiałów tej grupy.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr inż. Bernarda Kurowskiego, na uwagę zasługuje niewątpliwie wysoki poziom umiejętności Doktoranta w projektowaniu i prowadzeniu eksperymentów. W szczególności, docenić należy precyzję w wytwarzaniu i badaniu stopów wieloskładnikowych typu FeNiCoAlSi oraz zastosowanie zaawansowanych technik analitycznych. Wyraźnie widoczne jest zaangażowanie Doktoranta w kontrolę parametrów procesu i ich wpływu na właściwości materiałów, co czyni pracę wartościową i oryginalną. O oryginalności pracy świadczą następujące aspekty:

- Wykorzystanie nowatorskich metod badawczych, takich jak mikroskopia sił atomowych (AFM) do analizy powierzchni stopów oraz transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM) do badania mikrostruktury.
- Systematyczne badanie wpływu składu chemicznego i obróbki cieplnej na przejścia fazowe i właściwości mechaniczne oraz magnetyczne stopów.
- Zaprezentowanie unikalnych wyników, które wskazują na istotną zależność między mikrostrukturą a właściwościami mechanicznymi i magnetycznymi badanych materiałów, takich jak pięciokrotny wzrost twardości w wyniku zmiany składu chemicznego.

Poniżej przedstawione zostały szczegółowe uwagi do poszczególnych rozdziałów niniejszej rozprawy doktorskiej.

UWAGI DO PRACY:

Na wstępie tej części mojej recenzji, chciałabym podkreślić, że ogólna ocena przedłożonej mi do recenzji rozprawy doktorskiej jest pozytywna, a przedstawione poniżej uwagi mają charakter dyskusyjny i w żaden sposób nie umniejszają wykonanej przez Doktoranta pracy:

- Przegląd literaturowy (str. 19) – Autor użył określenia „wielkości promieni metalicznych”. Proszę o wyjaśnienie, co Doktorant miał na myśli.
- Przegląd literaturowy (str. 35) – Doktorant wspomina o metodach charakterystyki materiałów ferromagnetycznych. Jest to obszar bardzo szeroki, a w pracy Autor wspomina jedynie o metodzie lokalizacji granic domen magnetycznych za pomocą koloidalnych proszków. Ponadto informacje te nie są niezbędne w kontekście pracy. Na str. 37 Autor pisze „Wyraźne zmiany w kształcie krzywej magnesowania są powodowane przez wprowadzenie materiału nieferromagnetycznego do obwodu magnetycznego. Obecność materiału nieferromagnetycznego powoduje przesunięcie krzywej magnesowania w prawo na wykresie B-H, z powodu tworzenia wolnych biegunów wytwarzających pola rozmagnesowujące.” – proszę o wyjaśnienie związku z pracą.
- Przegląd literaturowy (str. 37) – Autor użył określenia „nie powoduje użytecznego wzrostu B” – proszę o wyjaśnienie, co miał na myśli.
- Przegląd literaturowy (str. 38) – Autor napisał „W miękkich materiałach magnetycznych pętla powinna być jak najwęższa, czyli wartość koercji H_c powinna być mniejsza niż 1 kA/m” – proszę o wyjaśnienie, na jakiej podstawie Autor przyjął takie założenie. Czy Autor jest w stanie podać odnośnik literaturowy, uzasadniający tę graniczną wartość pola koercji?
- Przegląd literaturowy (str. 40) – Autor użył określenia „koercja wewnętrzna” oraz „miękkie ferryty” – proszę o wyjaśnienie, co miał na myśli.
- Przegląd literaturowy (str. 40) – Autor użył określenia „miękkie materiały magnetyczne”, mając zapewne na myśli materiały magnetycznie miękkie.
- Na stronie 41 Autor umieścił kilka zdań dotyczących amorficznych materiałów magnetycznie miękkich. Autor wspomina o procesie obróbki cieplnej prowadzonej w temperaturach z zakresu 300-400°C. Błędnie określa proces ten mianem wyżarzania. Zapewne Autor ma na myśli wygrzewanie odprężające, które w praktyce samo nie ma zastosowania. Praktycznie realizuje się proces kontrolowanej nanokrystalizacji. Ten zabieg technologiczny, przeprowadzony w wyższej temperaturze niż wspomniana przez Autora, powoduje zmianę struktury materiału co w konsekwencji prowadzi do zmian właściwości magnetycznych. Również w tym miejscu Autor wspomina o magnetostrykcji i podaje jej wartość. Wcześniej Autor nie definiuje tego zjawiska, a utożsamia je z wartością 20×10^{-6} . Proszę o wyjaśnienie, co autor miał na myśli. Ponadto sugerują poprawienie całego Podrozdziału 2.2.6.
- Metodyka badań (str. 53) – Autor napisał: „...Uzyskano próbki w postaci walców o średnicy 3 mm.” Proszę o podanie również długości próbek.
- Metodyka badań (str. 54) – Autor, wyjaśniając symbole równania, napisał: „...kąć ugięcia”, nie podając, ugięcia czego. Ponadto Autor użył określenia „udział faz w strukturze stopów”. Proszę o wyjaśnienie znaczenia określenia „struktura stopów”.

- Na stronie 56 Autor opisuje proces obróbki cieplnej, którym poddane zostały badane materiały. W tym miejscu brakuje szczegółowych informacji dot. atmosfery ochronnej. Proszę o wyjaśnienie, w jakich warunkach przebiegał proces termiczny.
- Wyniki (str. 60) – Autor użył określenia „widoczna jest prosta jednofazowa struktura” – proszę o wyjaśnienie, co miał na myśli, pisząc „prosta”.
- Na wykresach zawartych na rysunkach od 30 do 86 brakuje opisu osi pionowej, podawane są tylko symbole. Dobrą praktyką jest podawanie tych informacji w sposób zunifikowany. Autor na niektórych wykresach na osi poziomej umieścił opis wielkości, a nierzadko tego nie robi.
- Autor używa wielokrotnie określeń „wartość koercji” albo „koercja” zamiast wartość pola koercji.
- Autor podaje wartości temperatury w °C oraz K. Dobrą praktyką jest stosowanie jednej jednostki. Proszę o ujednoczenie.
- Na stronie 89 Autor napisał „...Nie zostały szczegółowo omówione ze względu na bardzo zbliżone wyniki do serii próbek...”. Proszę o doprecyzowanie tego sformułowania.
- Proszę o przedstawienie argumentacji, dlaczego Doktorant do eksperymentu polegającego na wygrzewaniu materiału w temperaturze 1000°C wybrał tylko jedną grupę stopów i czym się kierował w doborze parametrów procesu (temperatura oraz czas).
- Wyniki (str. 110) – Autor cytuje pozycję [57] - Electrical, magnetic, and hall properties of $Al_xCoCrFeNi$ high-entropy alloys. *J Alloy Compd.* 2011,509,1607–1614, a argumentuje nią zjawisko zmiany składu fazowego z RSC na RPC. Tytuł pozycji literaturowej poddaje pod wątpliwość prawidłowość doboru pozycji do cytowania. Proszę o weryfikację oraz wyjaśnienie.
- Wyniki (str. 110) – Autor napisał „Wzrost twardości dla stopu zawierającego 15% (Al + Si) i poddanego obróbce cieplnej może wynikać ze zwiększenia udziału fazy RPC w jego strukturze, jak oszacowano na podstawie wyników rentgenowskiej analizy dyfrakcyjnej, z 16 do 34% po procesie wygrzewania stopu.” Sformułowanie to jest dyskusyjne w kontekście danych zawartych w Tabeli 24. Dla stopu $x=5$ obserwowany jest spadek twardości z 112 do 110 HV30, w przypadku materiału zawierającego 25% AlSi wzrost wartości twardości pokrywa się z wartością błędu pomiarowego. Jedynie w przypadku $x=15$, można przyjąć, że wzrost twardości jest bezdyskusyjny.

Kilku uwag wymaga również poprawność językowa oraz edycyjna pracy. Autor nie ustrzegł się bardzo licznych błędów interpunkcyjnych, polegających głównie na konsekwentnym unikaniu stosowania przecinków.

Pojawiły się również błędy składniowe, np. naprzemienne używanie „w porównaniu z” oraz niepoprawnego „w porównaniu do”, niezrozumiałe zdania wykolejone, np. „Rzeczywista wartość stałej sieci a_0 jest jako punktem przecięcia prostej z osią rzędnych y .” (str. 54), „...rozwój konwencjonalnych stopów prowadzi do wiedzy o stopach ...”, „...informacja na temat stopów znajdujących się w centrum wykresu fazowego praktycznie nie istnieją (...)” (str.10), „... poddanych wyżarzaniu rekrytalizującego...” (str. 14), „... przedstawiono sieć krystaliczna zbudowaną z atomów...” (str. 16), „może się zmieniać się” (str. 27), „Związanie lantanowców z metalami takimi jak żelazo, kobalt, nikiel, gdzie elektrony 3d znajdują się na

zewewnętrznej orbicie, ich oddziaływania są silne, co prowadzi do uzyskania dobrych parametrów magnetycznych.” (str. 39),

Gdzieniegdzie widać także literówki, np. „magneyzacja” (str. 33), „miedzy” (str. 24), „rezulaty” (str. 28) oraz błędy ortograficzne „ponad sześciokrotnie” (str. 18), „nie przekroczeniu”, „nie możliwe” (str. 19), „nie mieszczących” (str. 22) „niską koercje” (str. 49)”.

Jeśli chodzi o stronę edycyjną pracy, to bardzo rzucają się w oczy pozostawione na końcu wierszy jednoliterowe spójniki i przyimki, nierówne odstępami między wyrazami w wierszach (podwojone spacje), brak spacji przed myślnikiem przy wyliczeniach (str. 54), odstępami przy złożeniach „średnio – i wysokoentropowych” (str. 13), „cieplno- mechaniczne” (str. 27) lub brak myślników „... średnio i wysokoentropowych...” (str. 19), brak konsekwencji w zapisie liczebników – raz słownie, a zaraz obok cyframi (str. 19), kropka zamiast przecinka w zapisie ułamków dziesiętnych (str. 45-47).

Częste powtórzenia, miejscami brak logicznego ciągu między kolejnymi zdaniami oraz wymienione powyżej błędy sprawiają wrażenie pewnej nieporadności językowej Autora i utrudniają nieco czytanie pracy.

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawione przeze mnie komentarze i uwagi mają charakter dyskusyjny i nie wpływają na pozytywną ocenę merytoryczną pracy mgr. inż. Bernarda Kurowskiego. Uważam, że Doktorant wykazał się dużą wiedzą teoretyczną, umiejętnością zaplanowania eksperymentów i prowadzenia pracy naukowej. Uzyskane rezultaty z pewnością wnoszą istotny wkład w rozwój inżynierii materiałowej. Cel pracy został osiągnięty przy wykorzystaniu właściwych metod badawczych.

Stwierdzam, że recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska mgr. inż. Bernarda Kurowskiego pt.: „Wpływ składu chemicznego i obróbki cieplnej na strukturę i wybrane właściwości wieloskładnikowych stopów typu FeNiCoAlSi” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, określone w Ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U 2018 poz.1668) z 20 lipca 2018 roku oraz wpisuje się w Dyscyplinę Naukową „Inżynieria Materiałowa”. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr. inż. Bernarda Kurowskiego do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny „Inżynieria Materiałowa” Politechniki Warszawskiej.

dr hab. Aleksandra Kolano-Burian