



AGH AGH Akademia Górniczo - Hutnicza
im. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Kopia
Tel. +48 606215373; e-mail: kopia@agh.edu.pl



27.05.2025 r. Kraków

**Recenzja dorobku naukowego
dr inż. Krzysztofa Aniołka**

**w ramach postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk
inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa**

Podstawą formalną opracowania niniejszej recenzji jest Uchwała Rady Instytutu Inżynierii Materiałowej RN_IIM/10.6/2025 z dnia 25 marca 2025 r. w sprawie powołania w skład komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa wszczętego na wniosek dr inż. Krzysztofa Aniołka.

1. Informacje o dr inż. Krzysztofie Aniołku oraz dane bibliometryczne

Pan dr inż. Krzysztof Aniołek jest zatrudniony na etacie adiunkta na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego. Jednocześnie od 2016 r. pracuje jako wykładowca w Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej. W latach 2005-2009 pracował jako doktorant na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej. Na tej uczelni uzyskał także stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa broniąc pracę pt. „Wpływ morfologii perlitu w stali na odporność na zużycie ściernie kształtowników klockowych stosowanych w rozjazdach kolejowych”, której promotorem był Pan dr hab. inż. Jerzy Herian prof. PŚl. Stopień doktora został nadany 17.11.2009 r.

Analiza danych bibliometrycznych, zawartych w bazie Web of Science na dzień 14.11.2024 r. wykazała, że Pan dr inż. Krzysztof Aniołek jest autorem 43 publikacji cytowanych 549, bez autocytowań 446, indeks H=13 w 20 z nich jest pierwszym autorem. Wskaźniki bibliometryczne są wyższe w bazach Scopus i Google Scholar. Tak wysoka liczba cytowań świadczy o rozpoznawalności habilitanta. Działalność publikacyjna była także podstawą do uzyskania sześciokrotnie nagród Rektora za działalność nauko-badawczą. Na niekorzyść habilitanta wpływa fakt, że prawie wszystkie publikacje wskazane w osiągnięciu (z wyjątkiem A7) realizowane były w Instytucie Inżynierii Materiałowej Uniwersytetu Śląskiego. Także wystąpienia na konferencjach odbyły się w dużej większości w Polsce. Wyjątkami są konferencje na Słowacji i w Czechach. Świadczy to o braku rozpoznawalności habilitanta w naukowym środowisku poza granicami Polski.

AGH Akademia Górniczo – Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,
tel. +48 12 617 2552, +48 12 617 2914,
www.agh.edu.pl

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Tytan i jego stopy są powszechnie stosowanym materiałem konstrukcyjnym ze względu na wysokie własności wytrzymałościowe oraz niską masę. Stopy te wykazują także wysoką wytrzymałość zmęczeniową w temperaturze otoczenia i podwyższonej a także odporność na obciążenia udarowe. Jednym z ograniczeń stosowania stopów tytanu są niewystarczające własności tribologiczne tak ważne w zastosowaniach biomedycznych. Własności te można poprawić między innymi poprzez modyfikację powierzchni stopów tytanu w wyniku anodowania, implantacji jonów, azotowania jarzeniowego, PVD, CVD, PLD, zol-żel. Przedstawione osiągnięcie jest więc aktualne i wpisuje się w nurt obecnych badań.

Habilitant, jako osiągnięcie naukowe przedstawił cykl publikacji pod tytułem „*Modyfikacja powierzchni tytanu Grade 2 oraz stopów Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego*”. Osiągnięcie to obejmuje 11 powiązanych publikacji naukowych. Publikacje te spełniają wymagania formalne stosownych zapisów prawnych. Jedna z nich jest monoautorska, w pozostałych 10 udział habilitanta jest znaczący w zakresie od 60-90%. Sumaryczna wartość współczynnika wpływu tych publikacji wg listy JCR to 32,018, a liczba cytowań bez i z uwzględnieniem autocytowań to odpowiednio 141 i 180.

W autoreferacie omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników zawarte jest w rozdziale 4.2. Rozpoczyna je krótki wstęp, w którym Habilitant przedstawia cel swoich badań.

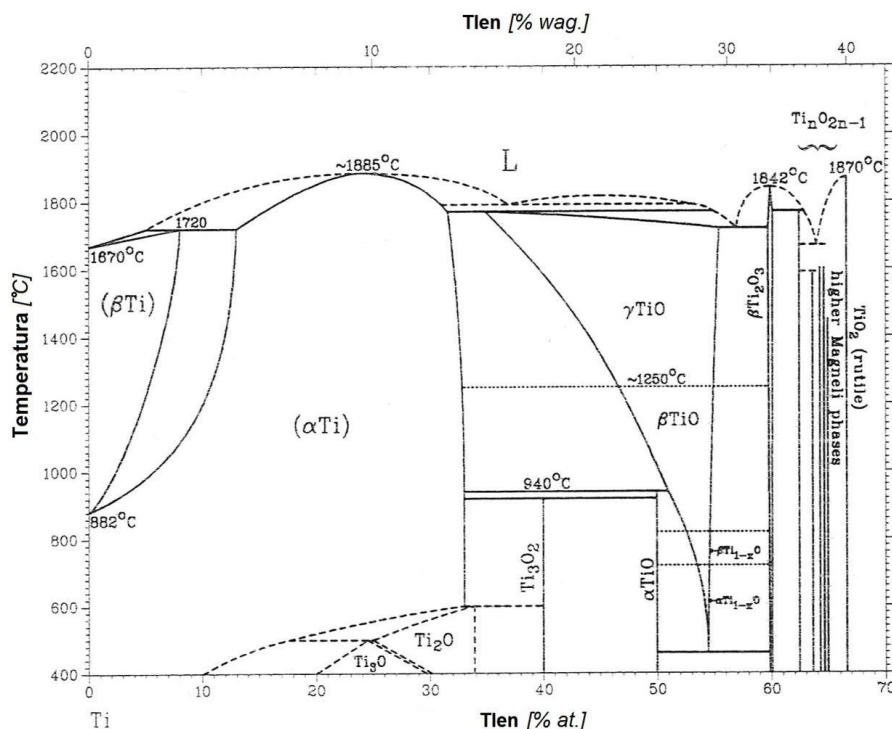
„Celem badań było poszerzenie istniejącego stanu wiedzy o zjawiskach zachodzących w warstwie wierzchniej tytanu i jego stopów podczas procesów utleniania izotermicznego i cyklicznego oraz poszukiwanie nowych związków i zależności pomiędzy strukturą a właściwościami wytworzonych warstw tlenkowych.”

Według recenzenta postawiono błędny cel badań. Po analizie całego autoreferatu nasuwa się inny cel. Tym głównym celem powinno być wykazanie, że zastosowanie procesów utleniania izotermicznego i cyklicznego na tytanie Grade 2 oraz stopach Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI znacząco poprawia charakterystyki mechaniczne, adhezyjne, korozyjne i tribologiczne, umożliwiając redukcję zużycia ściernego tytanu i jego stopów i tym samym poszerza istniejący stan wiedzy w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Biorąc jednak pod uwagę przedstawiony przez Habilitanta cel badań, należało spodziewać się pełnej charakterystyki struktury wytworzonych powłok w tym badania XDR dla wszystkich stopów, SEM z WDS z przekrojów, TEM z dyfrakcjami elektronowymi z przekrojów tak aby można było określić zjawiska zachodzące w warstwie wierzchniej tytanu i jego stopach oraz zidentyfikować powstające fazy na granicy powłoka podłoże. Tej pełnej charakterystyki brakuje w zamieszczonych w cyklu publikacjach. Co do nowych związków, które poszukiwał habilitant to w artykułach A1 i A2 zidentyfikował w warstwie wierzchniej nową fazę Ti_3O na tytanie Grade 2. Identyfikacja oparta została jedynie na podstawie badań XRD. Przy czym dokładnie w tym zakresie kątowym 2θ na dyfraktogramach znajdują się piki dyfrakcyjne pochodzące od tytanu α i β czyli podłoża. Ponadto występowanie tej nowej fazy nie zostało potwierdzone przez Habilitanta na tytanie Grade 2 w próbkach utlenianych cyklicznie artykuł A10. Dlaczego?

Faza ta tworzy się przy zawartości tlenu 20-30% at. (układ równowagi Ti-O Rys. 1) i jest stabilna do temperatury 500°C. Brak innych dowodów na występowania tej fazy nie uprawnia Habilitanta do stwierdzenia, iż powstaje nowy związek.

Brak pełnej charakterystyki struktury i brak dowodów na powstania nowych faz utwierdza mnie w przekonaniu o błędnie postawionym celu badań.



Rys. 1 Układ równowagi Ti-O T. B. Massalski, H. Okamoto, P. R. Subramanian, L. Kacprzak, *Binary Alloy Phase Diagrams*. Ohio: ASM International, 1990.

Kolejno w rozdziale 4.2.2 Habilitant omawia najważniejsze wyniki badań.

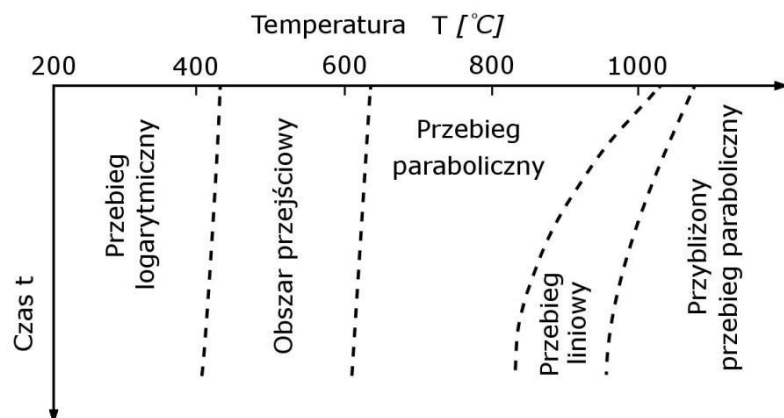
Za każdym razem część opisów podsumowuje stwierdzeniem „...najważniejszym osiągnięciem z tego zakresu prac... było”. Takich stwierdzeń jest w autoreferacie 11 czy to oznacza, że habilitant posiada w dorobku 11 osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa? Według recenzenta nie, bowiem część z tych osiągnięć to tylko wyniki badań.

Jako przykład podaję osiągnięcie na str. 15 autoreferatu:

„Podsumowując, najważniejszym osiągnięciem z tego zakresu prac eksperymentalnych było wykazanie, że temperatura była dominującym parametrem determinującym intensywność procesu utleniania izotermicznego. Stwierdzono, że przebieg procesu utleniania tytanu Grade 2 oraz stopu Ti-6Al-7Nb zachodził zgodnie z parabolicznym prawem utleniania. Wykazano, że wartości stałej parabolicznej szybkości utleniania Kp rosły wraz z temperaturą. Stwierdzono, że wzrost temperatury powodował większą rozbieżność pomiędzy intensywnością utleniania tytanu Grade 2 oraz stopu Ti-6Al-7Nb. Ponadto wykazano, że obecność niobu w stopie Ti-6Al-7Nb miała wpływ na zmniejszenie intensywności utleniania”

Wykazanie, że temperatura była dominującym parametrem determinującym intensywność procesu utleniania izotermicznego należało się spodziewać, bowiem takie wyniki były prezentowane już w poprzednich latach.

Samo stwierdzenie, że przebieg procesu utleniania tytanu Grade 2 oraz stopu Ti-6Al-7Nb zachodził zgodnie z parabolicznym prawem utleniania nie jest osiągnięciem i należało się tego spodziewać po analizie dostępnej literatury (Rys. 2).



Rys. 2 Schemat wpływu temperatury i czasu procesu utleniania na kinetykę narastania zgorzeliny [S. Król, *Mechanizm i kinetyka utleniania tytanu oraz wybranych stopów tytanu*. Opole: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Opolu, 1994.

Habilitation wykazuje także, że wzrost temperatury utleniania powodował większą rozbieżność pomiędzy intensywnością utleniania tytanu Grade 2 oraz stopu Ti-6Al-7Nb. Nie wyjaśnia jednak tego efektu. A ponownie stwierdzam, że należało się tego spodziewać po analizie dostępnej literatury.

Przebieg utleniania stopu tytanu Ti6Al7Nb, z uwagi na zawartość dodatków stopowych oraz wynikającą z tego strukturę dwufazową, znacznie różni się od przebiegu utleniania typowego dla tytanu. Zróżnicowana zdolność rozpuszczania tlenu oraz różna zawartość pierwiastków takich jak Al, Nb i Fe w poszczególnych fazach są powodem występowania w trakcie utleniania wysokotemperaturowego różnej szybkość tworzenia się tlenków na powierzchni faz α i β , co prowadzi do tworzenia odmiennej morfologii produktów utleniania. W przypadku stopu Ti6Al7Nb aluminium jest więcej w fazie α a Nb i Fe w fazie β . Aluminium przy długich czasach utleniania lub wyższych temperaturach (powyżej 750 °C) zapewnia warstwę tlenków o większych zdolnościach ochronnych, natomiast żelazo zwiększa reaktywność.

W obszarach przypowierzchniowych, na ziarnach fazy β , w wyniku utleniania w zakresie temperatur 650-950°C powstające krystality mają większe wymiary, niż w przypadku produktów korozji powstających w obszarze występowania fazy α .

Powyższe informacje są książkowe i opisane między innymi w monografii S. Król, *Mechanizm i kinetyka utleniania tytanu oraz wybranych stopów tytanu*. Opole: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Opolu, 1994

W przypadku stopu Grade 2 o strukturze jednofazowej alfa inaczej przebiega korozja szczególnie w wyższych temperaturach. Różnice w przebiegu procesu utleniania można łatwo wytłumaczyć między innymi strukturą materiałów (wyjaśnione powyżej), czego habilitant nie zrobił.

Parametrem, który ma wpływ na procesy utleniania jest także sposób przygotowania materiału, czyli jego przeróbka plastyczna i obróbka powierzchniowa. Czy te parametry były jednakowe dla obu stopów?

Odnosząc się do ostatniej części stwierdzenia:”.. **Ponadto wykazano, że obecność niobu w stopie Ti-6Al-7Nb miała wpływ na zmniejszenie intensywności utleniania**”

Należało się tego spodziewać ponieważ dodatki stopowe jak Al i Nb mają wpływ na przebieg procesu utleniania. Niob w stopie, nie wpływa na ilość tlenu rozpuszczonego w metalu ani na dyfuzję tlenu w metalu, natomiast segreguje do granic ziaren tworzących się na powierzchni tlenków TiO_2 , gdzie prawdopodobnie spowolnia dyfuzję Ti na zewnątrz. Ten efekt mógł spowolnić tworzenie się powłoki TiO_2 (korozję) na stopie Ti4Al7Nb w niższych temperaturach. Dlaczego habilitant nie podjął się wyjaśnienia tego zjawiska?.

Powyższe uwagi dotyczą tylko pierwszego stwierdzenia Habilitanta. Można byłoby odnieść się w podobny sposób do pozostałych dziesięciu.

Nie jest jednak rolą recenzenta dokładne tłumaczenie wszystkich przytoczonych osiągnięć wskazanych przez habilitanta.

Przedstawienie w taki sposób przez habilitanta osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa powoduje duży problem dla recenzenta w odpowiedzi na pytanie czy **osiągnięcia** stanowią wkład w dyscyplinę inżynieria materiałowa.

Niemniej jednak w autoreferacie wskazałabym dwa główne **osiągnięcia** habilitanta w odniesieniu do własności trybologicznych, którymi według recenzenta są:

1. Wykazanie, że poprzez odpowiednio dobrane parametry utleniania izotermicznego poprawiono właściwości użytkowe tytanu grade 2 i stopów Ti4Al7Nb, Ti6Al4V ELI (poprawa charakterystyk trybologicznych), co przelożyło się na poszerzenie możliwości ich praktycznego zastosowania zarówno w technice, jak i medycynie.
2. Wykazanie, iż poprzez zastosowanie utleniania cyklicznego, stosując takie same parametry jak przy utlenianiu izotermicznym, można otrzymać grubsze powłoki tlenkowe na tytanie grade 2 i stopie Ti4Al7Nb o określonych parametrach użytkowych.

Są to na pewno **osiągnięcia** stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa i wokół nich powinien Habilitant zbudować/napisać autoreferat.

3. Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni lub jednostce naukowej

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant odbył dwa miesięczne staże na Politechnice Śląskiej i Politechnice Wrocławskiej, gdzie prowadził badania własności mechanicznych i tribologicznych stopów tytanu oraz magnezu a także zajmował się procesami technologicznego wytapiania metali i stopów w indukcyjnym piecu próżniowym. Dowodem skonsumowania stażu na Politechnice Wrocławskiej jest publikacja A7 z cyklu publikacji wskazanych w osiągnięciu.

W czasie swojej pracy współpracował z jednostkami naukowymi w kraju takimi jak Politechnika Śląska, Politechnika Wrocławska, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Narodowe Centrum Badań Jądrowych i innych. Także współpracował z jednostkami z zagranicy: Ivan Franko National University of Lviv, University of Hradec Kralove czy Institute of Primary Care, University of Zurich. Dowodami współpracy są zrealizowane wspólnie projekty i liczne publikacje naukowe.

Słabszym aspektem dorobku Habilitanta jest brak projektów badawczych pozyskanych w ramach konkursów krajowych lub zagranicznych, w których pełniłby on rolę kierownika. Nie mniej uczestniczył w dwóch projektach jako tzw. główny wykonawca oraz jednym jako wykonawca. W autoreferacie trudno jednoznacznie odnaleźć informacje dotyczące roli habilitanta w projektach pozyskanych w ramach konkursów krajowych i zagranicznych. W ramach prac pozyskiwanych na Uniwersytecie Śląskim pełnił on rolę lidera co pozwoliło mu na realizację badań będących przedmiotem wniosku habilitacyjnego.

Od początku swojej pracy naukowej współpracuje z otoczeniem gospodarczym przygotowując na jego rzecz opinie, ekspertyzy i realizując prace usługowe.

4. Inne osiągnięcia

Działalność dydaktyczna Habilitanta skupia się wokół zagadnień związanych z inżynierią materiałową prowadzi lub prowadził przedmioty w j. polskim takie jak: Zasady projektowania i doboru materiałów, Bazy danych o materiałach, Projektowanie i grafika inżynierska, Metody tribologiczne w analizie warstwy wierzchniej biomateriałów, Materiały inżynierskie, Projektowanie i wytwarzanie materiałów inżynierskich, Kształtowanie struktury i właściwości materiałów inżynierskich, Technologie wytwarzania materiałów, Rysunek inżynierski, Mechanika techniczna, Metody badań biomateriałów i tkanek. Jest także autorem 5 wykładów w j. angielskim: Principles of Materials Designing and Selection, Designing and Engineering Graphics, Databases on materials, Materials technologies and processing oraz Engineering Materials. Z pełnym zaangażowaniem uczestniczył w licznych szkoleniach i konferencjach, które pozwoliły mu na podniesienie kompetencji dydaktycznych.

Wniosek końcowy

Przedstawione przez dr inż. Krzysztofa Aniołka osiągnięcie naukowe, w postaci cyklu 11 merytorycznie spójnych recenzowanych publikacji zatytułowanych „***Modyfikacja powierzchni tytanu Grade 2 oraz stopów Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego***” stanowi samodzielny, oryginalny i istotny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa.

Przeprowadzone przez Habilitanta badania charakteryzują się spójnością w doborze tematu, rozwijanej metodyce badań, jak również w uzyskanych wynikach i ich interpretacji. Nie do końca trafnie sformułowany cel badań nie umniejsza uzyskanym wynikom i osiągnięciom. Jako całość przedstawiona dokumentacja stanowi prawidłowo rozpoznaną problematykę badawczą oraz zaplanowaną i zrealizowaną koncepcję naukowo-badawczą. Uzupełnienie uzyskanych wyników badań o pełną charakterystykę struktury może być powodem dalszych badań. Tym bardziej, że mechanizm utleniania tytanu i jego stopów jest bardzo złożonym problemem.

Krzysztof Aniołek, w okresie od obrony doktoratu, w sposób istotny powiększył swój dorobek naukowy oraz stał się w tym okresie rozpoznawalnym pracownikiem naukowym, o czym świadczy liczba cytowań naukowych. Ponadto realizował swoje badania w zespołach badawczych w kraju jak i we współpracy z zagranicznymi jednostkami naukowymi. Słabszym elementem Jego działalności jest mobilność naukowa. Habilitant wykazał się także bardzo bogatym dorobkiem dydaktycznym.

Stwierdzam, że przedstawione przez dr inż. Krzysztofa Aniołka osiągnięcie naukowe spełnia ustawowe kryteria stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa, określone w Art.219 Ustawy z dn. 20 lipca 2018r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2022 poz.574z późn. Zm.).