

Prof. dr hab. inż. Halina Garbacz
Wydział Inżynierii Materiałowej
Politechnika Warszawska
02-507 Warszawa, ul. Wołoska 141

Warszawa, dn. 24.06.2025

**Ocena całokształtu dorobku naukowego
w postępowaniu habilitacyjnym dra inż. Krzysztofa Aniołka
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa**

Podstawą formalną opracowania recenzji była Uchwała Rady Naukowej Instytutu Inżynierii Materiałowej Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach z dnia 25.03.2025 roku, w związku z decyzją Rady Doskonałości Naukowej, powołującą mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dra inż. Krzysztofa Aniołka.

Podstawę merytoryczną umożliwiającą opracowanie recenzji stanowił wniosek przewodni Habilitanta do Rady Doskonałości Naukowej o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa wraz z następującymi załącznikami:

1. Dane wnioskodawcy (Załącznik 1);
2. Poświadczona kopia dyplomu doktorskiego (Załącznik 2);
3. Autoreferat (Załącznik 3);
4. Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych (Załącznik 4);
5. Kopie publikacji naukowych zgłaszanych jako przedmiot postępowania habilitacyjnego (Załącznik 5);
6. Oświadczenia współautorów publikacji naukowych określające ich indywidualny wkład w prace zgłaszane jako przedmiot postępowania habilitacyjnego (Załącznik 6);
7. Kopie pozostałych publikacji wymienionych w punkcie 5. Autoreferatu (Załącznik 7);
8. Załączniki dodatkowe (Załącznik 8);
9. Analiza bibliometryczna (Załącznik 9).

1. Sylwetka naukowa Habilitanta

Dr inż. Krzysztof Aniołek jest absolwentem Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechniki Śląskiej w Katowicach, który ukończył w 2003 roku, broniąc pracę magisterską pt. „Technologia wytwarzania powłok zanurzeniowych w kąpielach 55% Al-Zn” wykonaną pod kierunkiem, dra inż. Jacka Mendali. W 2005 roku rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej z zakresu „nowych materiałów i technologii w budowie maszyn”. Na tym samym Wydziale, po czterech latach obronił rozprawę doktorską pt. „Wpływ morfologii perlitu w stali na odporność na zużycie ściernie kształtowników klockowych stosowanych w rozjazdach kolejowych”.

Promotorem pracy był dr hab. inż. Jerzy Herian, prof. PŚ. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, Wnioskodawca został zatrudniony w Instytucie Nauki o Materiałach na Wydziale Informatyki i Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego, gdzie od 2010 roku pracuje na stanowisku adiunkta. Jednocześnie od 2016 roku pracuje jako wykładowca na Akademii WSB, na Wydziale Nauk Stosowanych (umowa cywilnoprawna).

Habilitant od początku swojej działalności naukowej koncentrował się na tematyce z obszaru inżynierii powierzchni. W okresie przed doktoratem, prace empiryczne i numeryczne dotyczyły materiałów do zastosowań w przemyśle kolejowym i w późniejszej fazie były one kontynuowane pod kątem uzyskania korzystnych charakterystyk mechanicznych i tribologicznych. Zainteresowanie Habilitanta biomateriałami wynikało z udziału w projektach badawczych i początkowo obejmowało stopy NiTi, a w kolejnych etapach stopy Mg-Y-Nd-Zr i Zr-Nb-Mo, otrzymywane z zastosowaniem różnych procesów technologicznych. Główną tematyką badawczą realizowaną po uzyskaniu stopnia naukowego doktora było kształtowanie mikrostruktury i właściwości warstw tlenkowych na Ti Grade 2 oraz biomedycznych stopach tytanu w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego. Efektem aktywności naukowej w tym obszarze było złożenie przez dra K. Aniołka wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

2. Ocena osiągnięcia naukowego jako podstawy do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

- Ocena formalna

Dr Krzysztof Aniołek jako osiągnięcie naukowe, będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa, wskazał cykl jedenastu, powiązanych tematycznie artykułów naukowych zatytułowany: „*Modyfikacja powierzchni tytanu Grade 2 oraz stopów Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego*”. Wszystkie publikacje ukazały się w recenzowanych czasopismach naukowych ujętych na liście JCR. Jedna praca jest autorska, a w pozostałych Habilitant jest pierwszym i jednocześnie korespondencyjnym autorem. Artykuły ukazały się w latach: 2015 (1); 2016 (1); 2017(1); 2018 (1), 2019 (3); 2020 (1); 2021 (1); 2022 (1); 2024(1) w następujących czasopismach: Vacuum (3), Applied Surface Science (1), Wear (1), Journal of Tribology (1), Materials Chemistry and Physics (1) oraz w czasopismach MDPI, w tym Materials (3), Coatings (1). Dla wskazanego cyklu publikacji suma punktów MNiSW/MEiN wynosi 1005, natomiast sumaryczny IF wg listy JCR (zgodnie z rokiem opublikowania) 32,018, a wartość IF dla pojedynczej publikacji wahała się od 1,829 (Journal of Tribology) do 4,108 (Wear). Swoją udział procentowy w pracach wieloautorskich, dr Krzysztof Aniołek określił na 60 do 80%. Głównymi współautorami cyklu publikacji są pracownicy Wydziału Nauk Ścisłych i Technicznych, Uniwersytetu Śląskiego, dr hab. Marian Kupka, prof. uczelni (7 artykułów) oraz dr hab. Adrian Barylski, prof. uczelni (6 artykułów). W dokumentacji dołączonej do wniosku znajdują się oświadczenia poszczególnych współautorów prac, wchodzących w skład osiągnięcia naukowego Habilitanta. Zgodnie z przedstawionymi oświadczeniami, główny udział w opracowaniu koncepcji i metodyki

badan oraz interpretacji uzyskanych wynik6w naleŹy przypisać dr. Krzysztofowi Aniołkowi. Przedstawione oświadczenia potwierdzają także jego znaczący udział w realizacji badan. Był pomysłodawcą badan oraz autorem ich planu, a także kierował całością prac eksperymentalnych i przygotował teksty publikacji. Wykonał badania kinetyki utleniania metodą grawimetryczną. Uczestniczył w badaniach mikroskopowych oraz rentgenowskich. Wykonał badania właściwości mechanicznych oraz badania tribologiczne. W odniesieniu do poszczególnych artykułów z cyklu, w szczególności kierował całością prac eksperymentalnych, opracował uzyskane wyniki oraz przygotował teksty współautorskich publikacji (A2, A3, A5÷A7). Dodatkowo przy uŹyciu mikroskopu świetlnego charakteryzował powierzchnie materiałów po teście zarysowania (A4) oraz brał udział w badaniach korozyjnych i bioaktywności (A8). Wykonał badania mechaniczne, chropowatości powierzchni (A9).

Był również pomysłodawcą koncepcji modyfikacji powierzchni tytanu Grade 2 i stopu Ti-6Al-7Nb w procesie utleniania cyklicznego. Opracował plan badan eksperymentalnych i wykonał badania kinetyki utleniania. Uczestniczył w badaniach mikroskopowych oraz rentgenowskich. Określił grubość warstw tlenkowych oraz wykonał badania twardości z różnymi wartościami obciąŹeń wgębnika. Kierował całością prac eksperymentalnych i opracował uzyskane wyniki oraz przygotował teksty publikacji (A10, A11).

Uważam, Źe przedstawiony cykl 11 publikacji stanowi spójny tematycznie zbiór prezentujący wyniki prac badawczych, dotyczące charakteryzowania topografii powierzchni, mikrostruktury warstw tlenkowych i wybranych właściwości tytanu Grade 2 oraz biomedycznych stop6w Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI po procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego. Większość publikacji (7) dotyczy stopu Ti-6Al-7Nb, Ti Grade 2 i stopowi Ti-6Al-4V ELI poświęcone sĄ odpowiednio 3 i 1 praca. Habilitant więcej uwagi badawczej skupił na technice utleniania izotermicznego (9 artykułów), natomiast wpływ cyklicznego utleniania analizował w odniesieniu do Ti Grade 2 i stopu Ti-6Al-7Nb w dwóch publikacjach. Artykuły sĄ powiązane tematycznie, spójny jest wybrany materiał badawczy (wszystkie materiały na bazie tytanu i do zastosowań biomedycznych), metoda obr6bki powierzchniowej, badane procesy i podobne właściwości oraz rozwiązywany problem materiałowy. Habilitant potwierdził stosownymi oświadczeniami swój indywidualny i znaczący wkład w powstanie publikacji.

Podsumowując, artykuły ujęte w cyklu publikacji, spełniają kryterium określone w art. 219, ust.1, pkt 2, lit. b ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

- Ocena wkładu w rozwój dyscypliny inŹynieria materiałowa

Jednym z głównych ograniczeń tytanu i jego stop6w w technice i aplikacjach biomedycznych jest niewystarczająca odporność na zuŹycie tribologiczne. Wzrastające zapotrzebowanie na długoterminowe implanty oraz konieczność wydłuzenia czasu ich eksploatacji, stwarza potrzebę poszukiwania nowych rozwiązań materiałowych. Kluczowe jest zatem, zwiększenie trwałości oraz bezpieczeŹstwa uŹytkowania implant6w, które jest możliwe m.in poprzez modyfikację mikrostruktury, składu chemicznego biomateriałów czy

też obróbkę powierzchniową. Ta ostatnia metoda jest bardzo szeroko eksplorowana z zastosowaniem pełnej gamy technik, zarówno w wielu ośrodkach zagranicznych, jak i polskich. Obróbka powierzchniowa umożliwia poprawę właściwości mechanicznych i funkcjonalnych w tym odporności na korozję i zużycie tribologiczne biomateriałów metalicznych. Zagadnienie nie jest proste ze względu na restrykcyjne wymagania, dotyczące właściwości implantów, wymogi operacyjne i złożone warunki pracy, dlatego wymusza kompleksową, wieloskalową charakterystykę zarówno w obszarze mikrostruktury jak również właściwości funkcjonalnych biomateriałów. Podejmowana przez Habilitanta tematyka wpisuje się w ten aktualny nurt badań, dotyczących wykorzystania obróbek powierzchniowych do poprawy właściwości użytkowych biomateriałów tytanowych, które są najszerszej stosowane na implanty długoterminowe. Niewystarczająca odporność na zużycie biomedycznych stopów tytanu, może być źródłem obluzowywania się protez, a także uwalniania metalicznych produktów degradacji, co jest zjawiskiem bardzo niekorzystnym. Na rozwiązaniu tego problemu Habilitant skoncentrował się w swoich pracach, poszerzając je o badania innych właściwości istotnych z punktu widzenia zastosowania na implanty. Podjęcie wybranego tematu badawczego wynikało z analizy literatury, dotyczącej problematyki trwałości podczas eksploatacji tytanu i jego stopów, w której potwierdzono dużą skłonność tej grupy materiałów do utleniania w temp. powyżej 500°C. Wiedzę tę, Habilitant wykorzystał do kształtowania warstw tlenkowych pod kątem uzyskania pożądanych właściwości użytkowych. Oprócz bioinżynierii, uzyskane wyniki mogą być też wykorzystane w obszarze badań nad żaroodpornością stopów tytanu do zastosowań wysokotemperaturowych.

Wskazany w Autoreferacie, celem naukowym przeprowadzonych przez Habilitanta prac badawczych 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 mikrostrukturą a właściwościami wytworzonych warstw tlenkowych. Dr K. Aniołek sformułował hipotezę badawczą, w myśl której założył, że zastosowanie procesów utleniania izotermicznego i cyklicznego prowadzić będzie do znaczącej poprawy charakterystyk mechanicznych, adhezyjnych, korozyjnych i tribologicznych, umożliwiając redukcję zużycia ściernego tytanu i jego stopów. Tak sformułowana hipoteza nie była obciążona dużym ryzykiem, ponieważ nie skwantyfikowano „znaczącego wzrostu” badanych właściwości, choć wykazano ich poprawę.

Doświadczalne potwierdzenie hipotezy wymagało ustalenia parametrów utleniania, gwarantujących otrzymanie stabilnych warstw tlenkowych, ściśle przylegających do podłoża. Podstawą doboru odpowiednich warunków utleniania były badania kinetyki utleniania wykonane metodą grawimetryczną. Na ich podstawie wytworzono warstwy tlenkowe na powierzchni badanych materiałów tytanowych. Następnie określono topografię powierzchni, grubość i skład chemiczny oraz fazowy, a także charakterystyki mechaniczne, adhezyjne, korozyjne i tribologiczne otrzymanych warstw tlenkowych.

Badania eksperymentalne Habilitant prowadził na tytanie Grade 2 oraz biomedycznych stopach tytanu: Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI, co narzuciło analizę właściwości tych materiałów pod kątem zastosowań w bioinżynierii. Choć dobór materiałów wydaje się przemyślany, w Autoreferacie brak jest uzasadnienia akurat tej sekwencji materiałów. Moim zdaniem, szczególnie istotne są wyniki uzyskane dla stopu z Nb, który jest relatywnie nowym, bardziej biogodnym zamiennikiem szeroko stosowanego na implanty długoterminowe stopu Ti-6Al-4V ELI. We wskazanym przez Habilitanta cyklu najwięcej publikacji poświęcone jest właśnie stopowi Ti-6Al-7Nb, poszerzają one wiedzę na temat jego podatności na utlenianie i możliwości kształtowania mikrostruktury oraz właściwości wytworzonych tą metodą warstw. Szkoda jednak, że dr K. Aniołek nie dokonał szerszego porównania właściwości badanej pary alternatywnych stopów po wysokotemperaturowym utlenianiu, można byłoby na jej podstawie wnioskować o potencjalnej przewodze jednego z nich i zakresie stosowania. W publikacji A11, zaledwie jednym zdaniem Habilitant odwołuje się do danych literaturowych, z których wynika, że stop Ti-6Al-7Nb ma większą odporność na utlenianie niż Ti-6Al-4V ELI. Notabene stopowi Ti-6Al-4V ELI poświęcona jest w cyklu jedna publikacja, w której dodatkowo stosowano nieco inne temperatury utleniania.

Trudnym do wyjaśnienia jest fakt, że wskazany jako osiągnięcie cykl publikacji nie został poszerzony o inne artykuły z tej tematyki, które znajdują się w dorobku Habilitanta (8; 14; 15; 19; 21; 22; 25). W szczególności dziwi nie uwzględnienie autorskiej pracy, która ukazała się w Surface Engineering w 2020 roku i dotyczyła struktury i właściwości tytanu oraz stopu Ti-6Al-7Nb po izotermicznym utlenianiu. We wszystkich wymienionych, współautorskich publikacjach Habilitant jest pierwszym autorem, a w 5 autorem korespondencyjnym, a jego wkład został oszacowany od 70 do 80%, a zatem był zasadniczy. Decyzja Habilitanta nie jest dla mnie w pełni zrozumiała, a w swojej opinii koncentrowałam się tylko na ocenie cyklu publikacji wskazanego przez dra inż. K. Aniołka.

Można zauważyć, że poszczególne publikacje zawarte w cyklu tworzą pewne sekwencje badawcze. Jeśli analizowany jest wpływ parametrów obróbki powierzchniowej na mikrostrukturę tworzących się warstw tlenkowych, to rozpoczyna się on na ogół od opisu kinetyki utleniania, następnie prowadzona jest analiza topografii powierzchni (SEM+ ewentualnie profilometr), grubości warstw (SEM) oraz ich składu chemicznego (EDS) i fazowego (XRD). Powtarzające się sekwencje badawcze niewątpliwie ułatwiają porównywanie wyników prezentowanych w poszczególnych publikacjach, z drugiej strony Habilitant nie poszerza skali charakteryzowania mikrostruktury w oparciu, np.: o FIB i obserwacje TEM. Niemniej analiza cyklu publikacji jednoznacznie wskazuje, że Habilitantowi udało się zrealizować postawiony cel naukowy, który zakładał poszerzenie istniejącego stanu wiedzy o zjawiskach zachodzących w warstwie wierzchniej tytanu i jego stopów podczas procesów utleniania izotermicznego i cyklicznego. **Do najistotniejszych osiągnięć naukowych zawartych w cyklu publikacji zaliczam:**

1. Wykazanie, że wytworzone na drodze izotermicznego utleniania stopu Ti-6Al-7Nb warstwy tlenkowe skutecznie eliminują niekorzystne zjawisko zużycia fałstego. Brak jest tego typu doniesień w literaturze.
2. Ilościowy opis kinetyki utleniania izotermicznego i cyklicznego tytanu Grade 2 i biomedycznego stopu Ti-6Al-7Nb, a także porównanie efektywności tych procesów (topografia powierzchni, grubość i mikrostruktura warstw, adhezja do podłoża, twardość. Wyniki uzyskane dla cyklicznego utleniania tych materiałów są jednymi z pierwszych w literaturze i mają znaczenie w obszarze badań podstawowych.
3. Opracowanie i ustalenie warunków procesów izotermicznego utleniania tytanu Grade 2, i biomedycznych stopów Ti-6Al-7Nb oraz Ti-6Al-4V ELI, pozwalających na uzyskanie warstw tlenkowych o mikrostrukturze i dobrej adhezji do podłoża, gwarantującej poprawę odporności na zużycie (liniowe i objętościowe) w układach z uzasadnionymi aplikacyjnie przeciwpróbkami (Al_2O_3 , ZrO_2) i odporności na korozję w środowisku symulującym płyny ustrojowe.
4. Potwierdzenia skuteczności i zasadności opracowanych obróbek powierzchniowych w zakresie zmniejszenia wielkości zużycia i poprawy charakterystyk tribologicznych badanych materiałów.
5. W oparciu o przeprowadzoną analizę topografii, grubości i mikrostruktury wytworzonych warstw na Ti Grade 2 oraz stopie Ti-6Al-7Nb, wykazanie większej intensywności utleniania w procesach cyklicznych w porównaniu z izotermicznymi.

Uwagi do zaprezentowanego materiału:

1. Wiedza na temat wysokotemperaturowego stopów jest już dosyć szeroka i głównie wynika z potrzeby określenia ich stabilności cieplnej. Dotyczy nie tylko wpływu składu chemicznego tych materiałów, ale również budowy fazowej. Ten aspekt nie został wystarczająco zaakcentowany w cyklu publikacji. Habilitant wiąże zmiany w morfologii topografii powierzchni ze składem chemicznym, pomijając fakt, że na jednorodność i budowę warstw tlenkowych może mieć wpływ obecnych w podłożu faz, różniących się rozpuszczalnością poszczególnych składników stopowych. Przebieg utleniania tytanu odbiega od typowego schematu utleniania innych metali. Jest to wynikiem znacznej, rozpuszczalności tlenu w fazie Ti alfa, której istnienie wymaga uwzględnienia procesów dyfuzyjnych w fazie metalicznej, zachodzących podczas wysokotemperaturowego utleniania tytanu. Duża zawartość tlenu w materiale powoduje przyspieszenie procesów utleniania w wysokich temperaturach. Przebieg utleniania stopu tytanu Ti-6Al-4V, z uwagi na zawartość dodatków stopowych oraz wynikającą z tego strukturę dwufazową, znacznie różni się od przebiegu utleniania typowego dla jednofazowego tytanu. Zróżnicowana zdolność rozpuszczania tlenu oraz różna zawartość aluminium w poszczególnych fazach są powodem występowania w trakcie utleniania wysokotemperaturowego różnej szybkość tworzenia się tlenków na powierzchni faz alfa i beta, co prowadzi do tworzenia odmiennej morfologii produktów utleniania. Obserwowane przez Habilitanta różnice jednorodności

i grubości warstw tlenkowych na tytanie i badanych stopach tytanu mają swoją genezę również w różnicach w budowie fazowej podłoża. Powstająca na stopie Ti6Al4V zgorzelina wykazuje heterogeniczną budowę, której charakter wynika z utleniania stopu dwufazowego, o różnej rozpuszczalności pierwiastków stopowych w poszczególnych fazach. Interesującym poznawczo byłoby, w oparciu o otrzymane wyniki, porównanie mikrostruktury i właściwości warstw tlenkowych na dwóch stopach Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI o tej samej budowie fazowej, różniących się rodzajem i zawartością pierwiastków stabilizujących fazę beta. Wyjaśniłoby to, rolę wanadu i niobu podczas wysokotemperaturowego utleniania.

2. Na tym etapie badań, Habilitant w swoich analizach nie poświęcił dużo uwagi wpływowi temperatury zastosowanych procesów utleniania na mikrostrukturę podłoży. Zaledwie w jednej publikacji (A3) wykorzystał statyczną próbę rozciągania do oceny właściwości mechanicznych stopu po izotermicznym utlenianiu. Stosowanie wysokich temperatur utleniania, może mieć wpływ na wielkość ziarna oraz udział poszczególnych faz w stopie, co jak wspominałam wcześniej oprócz kwestii związanych z dyfuzją może wpływać na jakościowe i ilościowe zmiany w mikrostrukturze warstw tlenkowych. Jest to interesujący wątek, mogłoby się bowiem okazać, że z punktu widzenia stabilności właściwości mechanicznych lepszą metodą modyfikacji powierzchni byłoby cykliczne utlenianie. Dodatkowo stop Ti-6Al-4V ELI jest już stosowany na implanty długoterminowe i jego mikrostruktura w kontekście tej aplikacji jest ściśle określona w normie, wynikają z niej również wymagane właściwości zmęczeniowe.
3. Niektóre osiągnięcia wskazane przez Habilitanta w Autoreferacie wydają się oczywiste, np.: Str. 15 „*Podsumowując, najważniejszym osiągnięciem z tego zakresu prac eksperymentalnych było wykazanie, że temperatura była dominującym parametrem determinującym intensywność procesu utleniania...*”.
4. Pewien niedosyt odczuwa się w kontekście analizy składu fazowego warstw. Brakuje opisu pełnej temperaturowej sekwencji tworzenia się warstw tlenkowych i zmian w ich składzie fazowym z udziałem pierwiastków stopowych zawartych w stopach: Ti-6Al-4V ELI i Ti-6Al-7Nb.
5. Istotną klamrą podsumowującą uzyskane wyniki, byłoby wskazanie parametrów procesów utleniania pod kątem uzyskania pożądanych grubości i mikrostruktur warstw oraz wszystkich analizowanych właściwości użytkowych. W odniesieniu do stopu Ti-6Al-7Nb należałoby przedyskutować dwa fakty ograniczające zakres temperatury obróbki powierzchniowej: spadek właściwości mechanicznych oraz wykazane zmniejszanie się zdolności do tworzenia hydroksyapatytu po zanurzeniu w roztworze SBF.
6. W celach aplikacyjnych istotne byłoby przedstawienie przewagi izotermicznego i cyklicznego utleniania nad innymi znanymi metodami obróbki powierzchniowej biomateriałów tytanowych, w szczególności w zakresie poprawy właściwości użytkowych ważnych dla implantów.

Powyższe uwagi nie podważają istotnego znaczenia osiągnięć Habilitanta. Ich celem jest wskazanie możliwości dalszej analizy uzyskanych wyników ze świadomością szerszego podejścia do prowadzonych badań i przede wszystkim chęć podjęcia dyskusji naukowej. Podczas analizy Autoreferatu nasunęło mi się też kilka uwag natury technicznej, które dotyczą nomenklatury i mają różną genezę, np.: Habilitant stosuje pojęcia: przeciwpartner zamiast przeciwpółka, struktura zamiast mikrostruktura, struktura ziarnista w Ti Grade 2, a także nie komentuje spostrzeżeń badawczych, które nie są oczywiste w inżynierii materiałowej, np.: str. 5 „Wykazano, że wzrostowi temperatury utleniania stopu Ti-6Al-7Nb towarzyszyło stopniowe obniżanie parametrów wytrzymałościowych i plastycznych.” - czym była spowodowane jednocześnie zmniejszenie wytrzymałości na rozciąganie i plastyczności?

Mimo moich uwag częściowo natury krytycznej, należy podkreślić, że publikacje Habilitanta są zauważane w środowisku naukowym i cytowane. Szczegółne zainteresowanie wzbudziła autorska publikacja (A1) oraz współautorskie (A2,A8). O ile publikacje A1 i A2, cytowane już ok 60 razy każda, są relatywnie „starymi” (2017;2015) z czym mogą być związane dane bibliometryczne, to A8, cytowana 25 razy ukazała się w 2021 roku. Świadczy to o aktualności problematyki i docenieniu wyników prac badawczych dra K. Aniołka.

Podsumowując, na podstawie analizy głównego osiągnięcia dra Krzysztofa Aniołka które stanowi podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego potwierdzam, że stanowi ono znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa, w szczególności w zakresie powiązania rodzaju i parametrów procesów obróbki powierzchniowej, wynikającej z nich mikrostruktury warstw tlenkowych i w konsekwencji właściwości tytanu i jego biomedycznych stopów. Potwierdzony został istotny udział Habilitanta w powstaniu cyklu powiązanych tematycznie publikacji, który jest wiodący zarówno w zakresie kreowania problemu badawczego, realizacji badań i opracowania wyników oraz przygotowania publikacji.

Na zakończenie tej części oceny, chciałabym się również podzielić pewną refleksją, dotyczącą dokonanych już przez Habilitanta i przyszłych wyborów czasopism naukowych. W kontekście dyskusji w środowisku, podważającej znaczenie naukowe wydawnictwa MDPI, obawiam się, że nieco ryzykowne jest powiększanie dorobku naukowego niezbędnego do kolejnego awansu naukowego w oparciu o te czasopisma. Oczywiście nie ma w tym zakresie na razie żadnych regulacji formalnych i być może się w najbliższym czasie się nie pojawią. Jestem jednak przekonana, że ciekawe naukowo wyniki zawarte, np.: w publikacji A8, dotyczące właściwości mechanicznych, odporności na korozję, bioaktywności warstw tlenkowych na stopie Ti-6Al-7Nb, być może w połączeniu z właściwościami tribologicznymi, mogłyby się ukazać z powodzeniem w czasopiśmie z listy TOP 10 zamiast w Coatings MDPI.

3. Ocena aktywności naukowej

Habilitant posiada doświadczenie zdobyte w dwóch polskich ośrodkach naukowych w ramach trzech staży, jednym przed i dwóch po doktoracie:

1. **Politechnika Śląska**, Wydział Inżynierii Materiałowej, Katedra Technologii Materiałowych, 01.10.2024–31.10.2024 (1 miesiąc), Katowice

W ramach stażu uczestniczył w realizacji procesu technologicznego wytapiania metali i stopów w indukcyjnym piecu próżniowym.

2. **Politechnika Wrocławska**, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji, Maszyn i Układów Mechatronicznych, 02.08.2021–31.08.2021 (1 miesiąc), Wrocław

W ramach stażu naukowego zapoznał się z metodyką oraz potencjałem badawczym urządzeń w Laboratorium Tribologii i przeprowadził część badań mechanicznych i tribologicznych stopów tytanu oraz magnezu. Rezultatem odbytego stażu były dwie publikacje naukowe.

3. **Politechnika Śląska**, Wydział Transportu, Katedra Transportu Szynowego, 01.07.2004–28.02.2005 (8 miesięcy), Katowice

W ramach stażu brał udział w pracach, dotyczących modelowaniu interakcji układu koło-rozjazd kolejowy z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES). Efektem odbytego stażu, oprócz poszerzenia wiedzy i umiejętności badawczych były również publikacje naukowe oraz praca doktorska.

Habilitant wykazał współpracę z następującymi ośrodkami

a) polskimi:

Politechnika Częstochowska, Politechnika Rzeszowska, Akademia Górniczo-Hutnicza oraz Instytut Metalurgii Żelaza, Uniwersytetem Humanistyczno-Przyrodniczym im. Jana Długosza w Częstochowie. Efektem ww. współpracy były publikacje naukowe, prace naukowo-badawcze oraz wymiana wiedzy i doświadczeń. Współpraca obejmowała nie tylko obszar ściśle związany z inżynierią materiałową, ale również dotyczyła archeologii.

b) zagranicznymi:

University of Zurich (Szwajcaria), University of Hradec Kralove (Czechy), Ivan Franko National University of Lviv (Ukraina). Współpraca Uniwersytetem w Zurychu polegała na określeniu właściwości cieplnych, mechanicznych i tribologicznych PTFE z dodatkiem grafitu, napromieniowanego strumieniem elektronów. Wyniki prowadzonych prac naukowo-badawczych zostały opublikowane w czasopiśmie Polymers (IF2020=4,329) – wydawnictwo MDPI. Współpraca prowadzona z Uniwersytetem w Hradcu Kralove dotyczyła określenia wpływu prędkości drukowania na mikrostrukturę, morfologię i właściwości mechaniczne produktów wydrukowanych z filamentu PETG przy wykorzystaniu technologii FFF (Fused Filament Fabrication). Efektem współpracy była publikacja naukowa w prestiżowym czasopiśmie Polymer Testing (IF2023=5,0). Z kolei badania naukowe realizowane we współpracy z Lwowskim Uniwersytetem Narodowym skupiały się na określeniu właściwości mechanicznych amorficznego stopu $Al_{87}(Ni,Fe)_8(REM)_5$ po krótkotrwałym wyżarzaniu, a wyniki zostały opublikowane w czasopiśmie Physics and Chemistry of Solid State.

Sumarycznym efektem dotychczasowej działalności naukowo-badawczej Habilitanta jest 87 oryginalnych publikacji naukowych, w tym 12 prac opublikowanych przed uzyskaniem

stopnia doktora. Sumaryczny wskaźnik IF publikacji wynosi 114,387 wg listy JCR (zgodnie z rokiem opublikowania), a sumaryczny 5-letni IF wg listy JCR wynosi 118,161, co stanowi 266 punktów w ocenie parametrycznej według danych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Ministerstwa Edukacji i Nauki. Liczba cytowań publikacji na dzień 14.11.2024 wynosi: 549 (446) wg bazy Web of Science, 627 (527) wg bazy Scopus. Indeks Hirscha (bez autocytowań) na dzień 14.11.2024 wynosił: 11 wg bazy Web of Science, 12 wg bazy Scopus. Habilitant jest także współautorem rozdziału w monografii: A. S. Swinarew, J. Paluch, K. Kubik, B. Dorzak, A. Kwaśniewska, T. Flak, J. Gabor, M. Łęźniak, H. Okła, G. Bajor, D. Kusz, R. Wilk, H. Sikora, K. Aniołek, A. Barylski, „*Application of novel polymeric materials supporting 3D printing technology in the development of anatomical models and regenerative medicine*. Innovations in Biomedical Engineering (IBE 2018) Springer (2019) 293–300. MNiSW: 20. Wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu badań tribologicznych, interpretacji uzyskanych wyników i został oszacowany na 5%.

Dr inż. Krzysztof Aniołek w okresie od ostatniego awansu naukowego istotnie powiększył swój dorobek naukowy. Progres jest bardzo widoczny i łatwy do oceny, ponieważ przed uzyskaniem stopnia doktora nie ukazała się żadna publikacja jego autorstwa lub współautorstwa w czasopismach znajdujących się w bazie JCR. Natomiast po uzyskaniu stopnia doktora opublikował w tych czasopismach 30 artykułów.

Za swoją działalność naukowo badawczą był 6-krotnie nagradzany Nagrodami Rektora II i III stopnia, w tym jedną indywidualną w 2017 roku.

Habilitant brał udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Wyniki prac zaprezentował w formie 22 referatów, w tym 6 przed uzyskaniem stopnia doktora, ponadto był współautorem 11 referatów. Były to głównie konferencje polskie lub realizowane w Polsce.

Dr K. Aniołek prowadził też prace badawcze o charakterze technologicznym, związane z materiałami do zastosowań w transporcie kolejowym. Wykaz dorobku technologicznego, przed uzyskaniem stopnia doktora, obejmuje opracowanie technologii obróbki cieplnej stali szynowej R260 w procesie wyżarzania izotermicznego, która zapewnia wysoką odporność na zużycie ścierne w warunkach eksploatacyjnych rozjazdów kolejowych. Efektem prowadzonych prac badawczych były publikacje oraz praca doktorska. Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant opracował technologię zwiększenia trwałości eksploatacyjnej zderzaków kolejowych poprzez ich obróbkę powierzchniową, polegającą na uzyskaniu powłok z brązu aluminiowego i manganowego metodą napawania laserowego. W badaniach wykazano, że zastosowanie powłoki z brązu aluminiowego pozwala na znaczące zmniejszenie zużycia ściernego w stosunku do powierzchni niepokrytej powłoką (zużycie mniejsze średnio o ok. 90 %). Efektem prowadzonych prac badawczych była publikacja w renomowanym czasopiśmie Wear (2020) za 200 pkt (wg listy MNiSW).

Istotnym elementem działalności dr inż. K. Aniołka jest **współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym**. Obejmuje ona opinie i ekspertyzy, w skład których wchodziły między innymi badania, dotyczące doboru materiałów, opracowania nowych materiałów i technologii, oceny stopnia degradacji wykonane dla 20 partnerów biznesowych, w tym

w okresie ostatnich 5-lat: MBL Poland Sp. z o.o., Piotrków Trybunalski (2024); 3MKR Sp. z o.o., Katowice (2023); Medintech Sp. z o.o., Rybnik (2021–2023); Mecama Sp. z o.o., Chorzów (2019–2021). W sumie Habilitant wykonał 21 ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.

Do osiągnięć Habilitanta w zakresie prac projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych można zaliczyć współautorskie 3 projekty, zrealizowane w latach 2011 i 2012, dla Tramwajów Śląskich S.A. we współpracy z Katedrą Transportu Szynowego Politechniki Śląskiej, dotyczące węzła konstrukcyjnego umożliwiającego wkolejanie wagonu tramwajowego różnego typu. Dr inż. K. Aniołek, jako swój wkład w zrealizowanie tego osiągnięcia projektowego wskazał budowę modelu numerycznego ramy wagonu tramwajowego wymaganego typu, zaprojektowanie nowego węzła konstrukcyjnego, weryfikacji zaprojektowanej konstrukcji przy wykorzystaniu oprogramowania bazującego na metodzie elementów skończonych oraz opracowaniu dokumentacji technicznej. Swój udział procentowy w dwóch projektach szacował na 50%, a w trzecim 30%.

W okresie od ostatniego awansu naukowego, dr inż. K. Aniołek **nie kierował żadnym projektem finansowanym z funduszy poza uczelnianych**. Aktualnie jest liderem w jednym projekcie i pełnił tę funkcję jeszcze w 2 zrealizowanych projektach pozyskanych w ramach konkursów Wydziału Nauk Ścisłych Technicznych Uniwersytetu Śląskiego. W latach 2021 i 2022 był kierownikiem dwóch projektów badawczych finansowanych w ramach programu Uniwersytetu Śląskiego „Inicjatywa Doskonałości Badawczej”. Był także wykonawcą w wielu projektach badawczych pozyskanych na badania statutowe (BS) w ramach konkursów Wydziału Informatyki i Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego (obecnie Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych). **Jako wykonawca uczestniczył w 3 projektach finansowanych z funduszy zewnętrznych**. W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora, jako wykonawca brał udział w **dwóch krajowych projektach badawczych finansowanych przez NCN i w projekcie INNOTECH- K1/IN1/46/157239/NCBR/12**, Produkcja stopów i wyrobów medycznych NiTi z pamięcią kształtu z NCBR. Aktualnie w ramach programu europejskiego jako **wykonawca realizuje projekt: GreenMat** – Rozwój Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach w zakresie nowych technologii materiałowych w kierunku zielonej transformacji regionu, finansowany z Funduszu Europejskiego dla Województwa Śląskiego 2021–2027 (Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji).

W 2012 roku, Habilitant był ekspertem Komisji Konkursowej w Ministerstwie Gospodarki ds. oceny wniosków w ramach działania 4.5 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007–2013.

Natomiast Habilitant nie wykazał posiadania patentów, wdrożeń technologicznych.

Podsumowując, aktywność naukową Habilitanta oceniam jako dobrą. Dr K. Aniołek skupia się w dużej mierze na współpracy z polskim środowiskiem naukowym i otoczeniem społeczno-gospodarczym, a także na pozyskiwaniu środków na badania z wewnętrznych źródeł finansowania Uniwersytetu Śląskiego.

4. Ocena istotnych osiągnięć organizacyjnych, dydaktycznych i popularyzatorskich

Osiągnięcia dydaktyczne i popularyzatorskie, nie są podstawą oceny we wnioskach habilitacyjnych, niemniej dokonałam ich analizy dla pełnego obrazu sylwetki Wnioskodawcy.

Dr K. Aniołek od 2017 roku jest członkiem, a od 2023 członkiem Zarządu Polskiego Towarzystwa Tribologicznego, Oddział Śląski. Brał udział w pracach Komitetów Organizacyjnych 4 konferencji naukowych: 2 polskich (XVIII Konferencja Naukowa „Pojazdy Szynowe: 2008, Seminarium Lotnicze (2007) i 2 międzynarodowych (Międzynarodowa Konferencja TRANSMEC: 2004–2009, Międzynarodowa Konferencja FORUM SEC: 2005). Recenzował także publikacje w czasopismach międzynarodowych. Przygotował łącznie 40 recenzji publikacji, w tym 35 w czasopismach naukowych posiadających współczynnik wpływu IF), takich jak np.: Surface and Coatings Technology, IF2023: 5,3; Wear IF2023: 5,3; Surfaces and Interfaces, IF2023: 5,7; Journal of Materials Research and Technology, IF2022: 6,4.

W 2012 roku, Habilitant był ekspertem Komisji Konkursowej w Ministerstwie Gospodarki ds. oceny wniosków w ramach działania 4.5 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007–2013.

W ramach **działalności dydaktycznej** Habilitant prowadził zajęcia na kierunkach: Inżynieria Materiałowa, Inżynieria Biomedyczna, Filologia Polska, Transport, Inżynieria Zarządzania, Logistyka na kilku uczelniach: Uniwersytet Śląski (Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych), Ośrodek Dydaktyczny w Rybniku, Uniwersytet Trzeciego Wieku), – Politechnika Śląska (Wydział Transportu), Akademia WSB (Wydział Nauk Stosowanych, Wydział Zamiejscowy w Olkuszu, Wydział Zamiejscowy w Krakowie, Wydział Zamiejscowy w Tychach). Forma zajęć obejmowała: wykłady: 22 (w języku polskim: 17; w języku angielskim: 5), wykłady tematyczne na studiach podyplomowych: 12, wykłady tematyczne na Uniwersytecie Trzeciego Wieku: 3, laboratoria: 15 (w języku polskim: 14; w języku angielskim: 1), ćwiczenia: 4.

Dr inż. Krzysztof Aniołek angażował się też w **działalność popularyzatorską**. Prowadził warsztaty mikromechaniczno-tribologiczne na rodzimej Uczelni w ramach Piikników Naukowych, Ogólnopolskiego Dnia Inżynierii Materiałowej, Szkoły Letniej, Święta Liczby Pi, Festiwalu Nauki, jak również w 2017 roku koordynował Dni otwarte Instytutu Nauki o Materiałach. W tym samym roku w podczas Śląskiego Festiwalu Nauki wygłosił wykład pt.: „Rola materiałów inżynierskich oraz modelowania numerycznego w rozwoju transportu szynowego”.

Habilitant podnosił także swoje kompetencje poprzez udział w szkoleniach i warsztatach związanych z różnymi obszarami działalności, dotyczyły one między innymi zaawansowanych technologii, urządzeń i metod badawczych, jakości kształcenia, przygotowywania wniosków na projekt.

5. Wniosek końcowy

Przedłożone do oceny osiągnięcia naukowe w postaci cyklu jedenastu, powiązanych tematycznie artykułów naukowych zatytułowany: „Modyfikacja powierzchni tytanu Grade

2 oraz stopów Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego, stanowi istotny wkład rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa, w szczególności w zrozumienie i opis zjawisk, zachodzących na powierzchni metali. Uzyskane wyniki są oryginalne i wskazują na biegłość dra K. Aniołka w zakresie wykorzystania dostępnych technik badawczych oraz umiejętność samodzielnego podejmowania wyzwań badawczych.

Wnioskodawca wykazał się dobrą aktywnością naukową również poza rodzimą uczelnią, a w okresie 15 lat po uzyskaniu stopnia doktora znacząco powiększył swój dorobek naukowy i rozpowszechnił wyniki swoich prac w formie publikacji w skali międzynarodowej.

Stwierdzam, iż osiągnięcie naukowe jak również aktywność naukowa Habilitanta, spełniają pod względem ilościowym i jakościowym wymagania ustawowe stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego. Popieram zatem wniosek dra inż. Krzysztofa Aniołka o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

