

prof. dr hab. Aleksandra Kolano-Burian
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych
44-100 Gliwice, ul. Sowińskiego 5

Opinia o całokształcie dorobku naukowego w postępowaniu habilitacyjnym dra inż. Krzysztofa Aniołka w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa

Opinia obejmuje ocenę całokształtu dorobku naukowego dra inż. Krzysztofa Aniołka w postępowaniu habilitacyjnym, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Podstawą formalną wykonania niniejszej recenzji było zlecenie Dziekana Wydziału Nauk Ścisłych i Technicznych dra hab. Seweryna Kowalskiego, prof. UŚ z dnia 05.05.2025 roku w związku z Uchwałą nr RN_IIM/10/2025 Rady Naukowej Instytutu Inżynierii Materiałowej Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach z dnia 25 marca 2025 roku, w której powołano mnie jako recenzenta w komisji habilitacyjnej.

Opinia została opracowana na podstawie złożonego przez Habilitanta wniosku do Rady Doskonałości Naukowej z dnia 19.12.2024 roku wraz 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. Ogólna charakterystyka Habilitanta

Dr inż. Krzysztof Aniołek jest absolwentem Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechniki Śląskiej w Katowicach, który ukończył w 2003 roku broniąc pracę dyplomową pt.: *Technologia wytwarzania powłok zanurzeniowych w kąpielach 55% Al-Zn*, której promotorem był dr inż. Jacek Mendala. Po zakończeniu studiów I stopnia, na tym samym Wydziale rozpoczął studia doktoranckie, które ukończył w 2009 roku broniąc rozprawę doktorską pt.: *Wpływ morfologii perlitu w stali na odporność na zużycie ściernie kształowników klockowych stosowanych w rozjazdach kolejowych*, której promotorem był dr hab. inż. Jerzy Herian, prof. PŚ. Od 2010 roku dr inż. Krzysztof Aniołek jest związany z Instytutem Inżynierii Materiałowej na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, gdzie zatrudniony jest na stanowisku adiunkta.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Krzysztof Aniołek przygotował do oceny osiągnięcie naukowe składające się z cyklu 11 publikacji opublikowanych w czasopismach zawartych w bazie JCR. Osiągnięcie to stanowi jednotematyczny cykl pt. *Modyfikacja powierzchni tytanu Grade 2 oraz stopów Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego*. Jedną z prac jest praca, w której dr inż. Krzysztof Aniołek jest jedynym autorem. Prace zostały opublikowane w latach 2015-2024, co niewątpliwie świadczy o aktualności podejmowanego tematu. Najstarsza z prac została opublikowana 6 lat po uzyskaniu przez habilitanta tytułu doktora nauk technicznych. Przetawione przez dra inż. Krzysztofa Aniołka artykuły naukowe powstały we współpracy z dość wąskim gronem współpracowników. Zaliczają się do niego przede wszystkim A. Barylski oraz M. Kupka. Ponadto habilitant współpracował z G. Derczem, J. Tylką, P. Kowalewskim, S. Kaptaczem, J. Rakiem, B. Łosiewiczem, J. Kubisztalem, P. Osakiem i A. Stróżem. Należy zwrócić uwagę, że wśród współautorów habilitanta nie ma pracowników zagranicznych ośrodków naukowo-badawczych, co wskazuje na brak współpracy międzynarodowej. We wszystkich 11 publikacjach dr inż. Krzysztof Aniołek jest pierwszym autorem, co niewątpliwie świadczy o jego wysokim zaangażowaniu w realizację prowadzonych prac. Habilitant swój udział procentowy w publikacjach współautorskich określił w przedziale 75–85%. Udziały wszystkich współautorów w przygotowaniu publikacji, wraz ze wskazaniem realizowanych zadań, zostały potwierdzone pisemnie.

Po uzyskaniu stopnia doktora, habilitant skoncentrował swoje badania na kształtowaniu struktury oraz właściwości warstw tlenkowych powstających na powierzchni technicznie czystego tytanu Grade 2, jak również jego stopów wykorzystywanych w zastosowaniach biomedycznych. Szczególny nacisk kładł na analizę procesów utleniania powierzchniowego oraz właściwości otrzymywanego w ten sposób materiału. W przedstawionym autoreferacie Habilitant podkreśla, że celem jego badań było pogłębienie wiedzy na temat procesów zachodzących w warstwie wierzchniej tytanu oraz jego stopów podczas izotermicznego oraz cyklicznego utleniania. Dodatkowo, prace te miały na celu identyfikację nowych zależności między strukturą, a właściwościami powstałych warstw tlenkowych, ze szczególnym uwzględnieniem ich cech mechanicznych, adhezji oraz właściwości trybologicznych. W tym kontekście sformułowano hipotezę badawczą zakładającą, że izotermiczne utlenianie może prowadzić do istotnej poprawy właściwości mechanicznych, adhezyjnych oraz trybologicznych, co w efekcie przyczynia się do ograniczenia zużycia ściernego tytanu i jego stopów. Jednocześnie należy pamiętać, że skupienie się wyłącznie na ścieraniu, jako mechanizmie zużycia, może zawężać możliwości interpretacyjne, ponieważ zużycie trybologiczne obejmuje różnorodne mechanizmy – oprócz ścierania występują również procesy adhezyjne, dyfuzyjne, zmęczeniowe oraz chemiczne. Dlatego też, dla pełniejszej analizy, konieczne jest określenie dominującego mechanizmu zużycia z uwzględnieniem pozostałych form. Należy wyraźnie zaznaczyć, że dążenie do identyfikacji związków przyczynowo - skutkowych pomiędzy właściwościami eksploatacyjnymi, a strukturą i cechami warstw tlenkowych świadczy o poprawnym i rzetelnym podejściu badawczym, zgodnym z zasadami inżynierii materiałowej.

Na podstawie analizy dostarczonych materiałów stwierdzam, że przedstawiona problematyka badawcza oraz zastosowane metody jednoznacznie wpisują się w dyscyplinę inżynierii materiałowej, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień związanych z inżynierią powierzchni.

Wyniki badań zostały opublikowane w czasopismach znanych w obszarze nauk technicznych indeksowanych w bazie JCR, takich jak: *Wear* (2), *Vacuum* (2), *Applied Surface Science* (1), *Journal of Tribology* (1), *Materials Chemistry and Physics* (1), *Materials* (3) oraz *Coatings* (1). Sumaryczny pięcioletni Impact Factor wg listy JCR wyniósł ponad 32.

Fakt publikowania w czasopismach o wysokiej renomie naukowej świadczy o znacznej wartości prezentowanych treści oraz wysokim poziomie naukowym prowadzonych badań. Wszystko to przekłada się na **istotny wkład prezentowanych przez Habilitanta treści w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa.**

Szczegółowa analiza osiągnięcia naukowego.

Przedstawione osiągnięcie naukowe obejmuje spójny tematycznie zestaw 11 publikacji, koncentrujących się na procesach utleniania tytanu i jego dwóch stopów. Prace te dotyczą zarówno charakterystyki powstałych warstw tlenkowych, jak i oceny właściwości użytkowych zmodyfikowanych powierzchni, ze szczególnym uwzględnieniem ich adhezji, morfologii oraz parametrów trybologicznych. Układ publikacji zaproponowany przez Habilitanta opiera się na logicznym porządku tematycznym, niezależnym od chronologii ich wydania, co pozostawia pewien niedosyt recenzenta. Poniżej przedstawiono syntetyczne omówienie treści merytorycznej poszczególnych prac wraz z wyszczególnieniem najważniejszych wniosków.

A1 (2017) - Publikacja dotyczy badań nad tytanem Grade 2. Wykazano, że twardość warstw tlenkowych wzrasta wraz ze zwiększeniem temperatury oraz wydłużeniem czasu utleniania, natomiast maleje w miarę oddalania się od powierzchni badanych próbek. Zaobserwowano również, że podwyższona twardość w obszarze poniżej zgorzeliny wynika z obecności tzw. dyfuzyjnej strefy przejściowej. Dodatkowo stwierdzono, że wzrost temperatury utleniania istotnie wpływa na zwiększenie chropowatości powierzchni. W składzie chemicznym warstw tlenkowych zidentyfikowano obecność tlenków TiO_2 oraz Ti_3O_5 .

A2 (2015) - Publikacja dotyczy badań nad tytanem Grade 2 i stanowi rozwinięcie wcześniejszej pracy oznaczonej jako A1. Skoncentrowano się w niej na analizie kinetyki utleniania w zakresie temperatur 600 – 800 °C, wyznaczając charakterystyczne parametry fizyko-chemiczne procesu oraz identyfikując różnice morfologiczne pomiędzy powstałymi warstwami tlenkowymi. Dodatkowo wykazano, że obecność defektów tlenkowych na powierzchni tytanu znacząco poprawia jego odporność na zużycie ścierne.

A3 (2018) - Publikacja dotyczy badań nad stopem tytanu Ti-6Al-7Nb i koncentruje się na optymalizacji warunków procesu utleniania. Wykazano, że izotermiczny proces utleniania przebiega zgodnie z parabolicznym prawem kinetyki procesu. Stwierdzono, że temperatura miała istotniejszy wpływ na intensywność tworzenia się warstw tlenkowych niż czas trwania procesu. Ponadto zaobserwowano, że wzrost temperatury utleniania prowadził do stopniowego pogorszenia właściwości mechanicznych stopu, takich jak wytrzymałość na rozciąganie i plastyczność.

A4 (2019) - Publikacja dotyczy badań nad stopem tytanu Ti-6Al-7Nb i obejmuje analizę właściwości mechanicznych, trybologicznych oraz adhezyjnych warstw tlenkowych wytworzonych na jego powierzchni. Wykazano zależność pomiędzy parametrami temperaturowo-czasowymi procesu utleniania, przyczepnością warstw tlenkowych a ich odpornością na zużycie ścierne. Najwyższą odporność na zużycie wykazała warstwa utworzona w temperaturze 700°C, charakteryzująca się najlepszą adhezją. W warstwie zgorzelinowej zidentyfikowano obecność tlenków tytanu (rutyl, anataz), niobu (Nb_2O_5) oraz glinu (Al_2O_3). Dodatkowo stwierdzono, że obecność warstw tlenkowych korzystnie wpływała na ograniczenie zużycia kulek z tlenku cyrkonu (ZrO_2), stosowanych jako przeciwpróbki w testach trybologicznych.

A5 (2019) - Publikacja dotyczy badań nad stopem tytanu Ti-6Al-7Nb i skupia się na kształtowaniu właściwości trybologicznych warstw tlenkowych wytwarzanych na jego powierzchni. Wykazano, że izotermiczny proces utleniania przyczynił się do zmniejszenia zarówno zużycia liniowego, jak i objętościowego. Ponadto obecność zgorzeliny tlenkowej miała korzystny wpływ na ograniczenie zużycia kulek wykonanych z tlenku glinu (Al_2O_3), stosowanych jako przeciwpróbki w testach trybologicznych.

A6 (2016) - Publikacja dotyczy badań nad stopem tytanu Ti-6Al-7Nb i obejmuje analizy strukturalne, mechaniczne oraz adhezyjne warstw tlenkowych powstałych w wyniku izotermicznego utleniania w temperaturze 600°C. W wyniku procesu utleniania utworzona została warstwa zawierająca tlenki TiO_2 oraz NbO. Zastosowanie techniki nanoindentacji wykazało, że otrzymane warstwy tlenkowe

charakteryzowały się ponad dwukrotnie wyższą twardością oraz zwiększonym modułem sprężystości w porównaniu z materiałem w stanie wyjściowym.

A7 (2022) - Publikacja dotyczy badań nad stopem tytanu Ti-6Al-7Nb i obejmuje analizę mikromechanicznych oraz trybologicznych właściwości warstw tlenkowych wytworzonych w szerokim zakresie parametrów temperaturowo-czasowych procesu utleniania izotermicznego. Wykazano dodatnią korelację pomiędzy twardością, modułem sprężystości, a temperaturą utleniania. Zaobserwowano również niewielką tendencję do spadku twardości wraz ze wzrostem liczby cykli obciążeniowych. Badania potwierdziły, że proces utleniania izotermicznego umożliwia skuteczne kształtowanie właściwości tarciovo - zużyciowych stopu w różnych skojarzeniach ciernych, takich jak Al_2O_3 , ZrO_2 oraz stal 100Cr6.

A8 (2021) - Publikacja dotyczy wpływu izotermicznego procesu utleniania stopu Ti-6Al-7Nb na jego odporność korozyjną oraz bioaktywność w środowisku biologicznym. Wykazano, że obecność warstw tlenkowych znacząco poprawia odporność korozyjną badanego materiału. Ponadto stwierdzono, że stop po utlenianiu wykazuje mniejszą podatność na korozję wżerową oraz zdolność do inicjowania formowania hydroksyapatytu po zanurzeniu w symulowanym płynie ustrojowym (SBF), co świadczy o jego potencjale bioaktywnym.

A9 (2024) - Publikacja dotyczy analizy morfologicznej, mikromechanicznej oraz trybologicznej stopu Ti-6Al-7Nb ELI (niska zawartość pierwiastków międzywęzłowych) po procesie izotermicznego utleniania. Wykazano, że utleniony stop charakteryzował się zwiększoną odpornością na odkształcenia w porównaniu z materiałem w stanie dostawy. Zaobserwowano spadek całkowitej pracy indentacji, przy jednoczesnym wzroście udziału pracy sprężystej, co świadczy o korzystnych zmianach w strukturze warstw powierzchniowych. Wytworzenie ochronnych warstw tlenkowych przyczyniło się również do poprawy właściwości trybologicznych zarówno w warunkach tarcia suchego, jak i w środowisku roztworu Ringera. W warunkach smarowania odnotowano redukcję zużycia sięgającą nawet 50% w porównaniu z tarciem suchym. Dodatkowo stwierdzono, że chropowatość powierzchni wzrastała wraz ze wzrostem temperatury utleniania.

A10 (2020) - Publikacja dotyczy badań nad tytanem Grade 2, w których analizowano przebieg procesu utleniania cyklicznego prowadzonego w temperaturach 600, 650 i 700°C. Określono kinetykę utleniania, wyznaczono wartości parabolicznej stałej szybkości utleniania (K_p) oraz energii aktywacji. Wykazano, że proces utleniania cyklicznego charakteryzował się większą intensywnością w porównaniu z utlenianiem izotermicznym, a powstałe warstwy tlenkowe były grubsze. Analiza fazowa ujawniła, że warstwy te składały się wyłącznie z tlenku tytanu TiO_2 w postaci rutylu.

A11 (2019) - Publikacja dotyczy badań nad stopem Ti-6Al-7Nb, w których określono kinetykę procesu utleniania cyklicznego. Wyznaczono wartości parabolicznej stałej szybkości utleniania (K_p) oraz energii aktywacji. Wykazano, że utlenianie cykliczne prowadziło do wyższych wartości K_p w porównaniu z utlenianiem izotermicznym, co wskazuje na większą intensywność procesu. Analiza fazowa warstw tlenkowych ujawniła obecność trzech faz: α -Ti, TiO_2 (w postaci rutylu) oraz Al_2O_3 . Tlenek glinu (Al_2O_3) tworzył się głównie w pobliżu podłoża, natomiast rutyl dominował w zewnętrznych partiach warstwy tlenkowej.

Charakterystyka materiału oraz metodyka badań stanowiącego przedmiot cyklu publikacji.

Do badań wytypowano dwa materiały: czysty tytan (Grade 2) oraz stop Ti-6Al-7Nb. Jedna z publikacji dotyczy stopu Ti-6Al-7Nb ELI (niska zawartość pierwiastków międzywęzłowych). Habilitant zwraca uwagę na niekorzystne właściwości trybologiczne tych materiałów, co znacząco ogranicza ich zastosowanie w skojarzeniach kinematycznych urządzeń technicznych oraz wyrobów medycznych. Szczególnym ograniczeniem w zastosowaniach implantacyjnych jest potwierdzone toksyczne działanie składników stopowych, takich jak glin i wanad, obecnych w najczęściej stosowanym stopie Ti-6Al-4V. W odpowiedzi na ten problem opracowano alternatywny stop Ti-6Al-

7Nb, w którym wanad zastąpiono niobem — pierwiastkiem o znacznie lepszym profilu biokompatybilności. Pomimo tej modyfikacji, problem zużycia trybologicznego nadal pozostaje aktualny. W tym kontekście podjęcie badań nad wpływem warstw tlenkowych powstających w wyniku utleniania izotermicznego na właściwości mechaniczne i trybologiczne tytanu oraz jego stopów znajduje pełne uzasadnienie merytoryczne. Pomimo szeroko zakrojonych badań nad kinetyką procesu utleniania czystego tytanu, jego przebieg znacząco odbiega od typowego schematu utleniania metali. Mimo dobrej znajomości składu fazowego oraz mechanizmów tworzenia się warstw tlenkowych w zależności od temperatury i czasu utleniania, a także szerokiej wiedzy na temat wpływu warunków utleniania na właściwości czystego tytanu — w tym odporność na ścieranie i, w szczególności, odporność korozyjną — liczba publikacji dotyczących zachowania się czystego tytanu w warunkach utleniania izotermicznego pozostaje ograniczona. Uzasadnia to potrzebę podjęcia kompleksowych badań mających na celu określenie wpływu powstałej warstwy tlenkowej na właściwości mechaniczne i trybologiczne tytanu. W literaturze naukowej najwięcej publikacji dotyczących zachowania się stopów tytanu w warunkach izotermicznego utleniania koncentruje się na najbardziej znanym i powszechnie stosowanym stopie dwufazowym Ti-6Al-4V. Pomimo jego popularności, stop ten uznawany jest za „toksyczny” ze względu na obecność glinu i wanadu, których negatywny wpływ na organizm ludzki został potwierdzony. W odpowiedzi na te ograniczenia Habilitant przeprowadził szeroko zakrojone badania nad alternatywnym stopem Ti-6Al-7Nb, który znajduje zastosowanie w aplikacjach medycznych dzięki lepszej biokompatybilności. Jednakże publikacje dotyczące tego materiału — zwłaszcza w kontekście izotermicznego utleniania — są nieliczne. Dlatego też kompleksowe opracowanie cyklu publikacji poświęconych temu zagadnieniu stanowi istotny wkład w poszerzenie istniejącego stanu wiedzy w tej dziedzinie. Biorąc pod uwagę obszar zastosowania badanych materiałów, a także liczne dane literaturowe wskazujące na pozytywny wpływ procesu utleniania na poprawę odporności korozyjnej, niezwykle cenne jest uwzględnienie przez Habilitanta badań dotyczących biogodności materiałów oraz ich odporności na korozję biologiczną. W kontekście zastosowań medycznych, szczególnie implantacyjnych, właściwości te mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa i trwałości wyrobów.

Habilitant w większości przypadków stosuje nowoczesne metody badawcze oraz zaawansowaną aparaturę pomiarową. Niemniej jednak, w zakresie badań nad procesami utleniania zauważalny jest brak pogłębionej analizy niektórych istotnych parametrów kinetycznych, takich jak energia aktywacji, która odgrywa kluczową rolę w interpretacji mechanizmów utleniania. Dodatkowo, uwzględnienie szczegółowych informacji dotyczących mechanizmów relacji utleniania — w tym dyfuzji tlenu do powierzchni metalu oraz dyfuzji metalu do powierzchni tlenków — mogłoby znacząco wzbogacić merytoryczną stronę pracy. Rozszerzenie analizy o te aspekty przyczyniłoby się do pełniejszego zrozumienia zachodzących zjawisk oraz pozytywnie wpłynęłoby na wartość naukową całego cyklu publikacji.

Badania trybologiczne zostały przeprowadzone z wykorzystaniem znanego i szeroko stosowanego tribometru typu kulka–tarcza w ruchu postępowym, na dystansie 1000 m. Zastosowany układ tarczowy jest odpowiedni do badań cienkich warstw, jednak należy mieć na uwadze, że przyjęte w pracach Habilitanta parametry badań nie w pełni odwzorowują warunki panujące w rzeczywistych układach trybologicznych. Procesy tarcia i zużycia są złożone, szczególnie pod względem kinematyki ruchu oraz zmienności obciążeń, co stanowi naturalne ograniczenie badań modelowych.

Dane bibliometryczne cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe przedstawiają się następująco:

Summary Impact Factor (wg listy JCR, zgodnie z rokiem publikacji): 32,018

Liczba punktów MNiSW/MEiN: 1005

Liczba cytowań wg Web of Science: 180

W podsumowaniu tej części recenzji należy stwierdzić, że przy uwzględnieniu powyższych uwag i komentarzy, osiągnięcie naukowe Habilitanta w formie jednotematycznego cyklu publikacji zatytułowanego: *Modyfikacja powierzchni tytanu Grade 2 oraz stopów Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego* może zostać uznane za wystarczający, w rozumieniu ustawowym, wkład w rozwój inżynierii materiałowej, wymagany w procedurze ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

3. Ocena całokształtu dorobku Habilitanta w aspekcie istotnej aktywności naukowej.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych prace dra inż. Krzysztofa Aniołka skoncentrowały się na dwóch głównych obszarach:

- (a) **Kształtowanie właściwości elementów mechanicznych wykorzystywanych w transporcie szynowym.** Habilitant prowadził badania nad mikrostrukturą perlitu w stalach wysokowęglowych stosowanych w rozjazdach, ogranicznikach i zderzakach, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu parametrów wyżarzania izotermicznego na morfologię perlitu oraz właściwości mechaniczne i tribologiczne otrzymanych materiałów. W ramach projektu PBU-70/RM2/2011, jako główny wykonawca, określił kluczowe parametry morfologiczne perlitu dla różnych wariantów procesu wyżarzania izotermicznego oraz zbudował numeryczne modele obciążeń i naprężeń w układzie koło–rozjazd, pozwalające dobrać optymalne warunki poślizgu i nacisków Hertza w testach na stanowisku Amslera. Ustalił zależności pomiędzy cechami mikrostruktury perlitu, a szybkością zużycia ściernego i odpornością zmęczeniową materiału co umożliwiło rekomendację konkretnych technologii obróbki cieplnej, skutkujących istotnym zwiększeniem trwałości eksploatacyjnej elementów kolejowych. Zdaniem recenzenta prace te przyczyniły się do pogłębienia wiedzy o wpływie mikrostruktury na zachowanie się stali w warunkach cyklicznych obciążeń i ścierania, co ma bezpośrednie zastosowanie w podnoszeniu bezpieczeństwa i niezawodności transportu szynowego. Z tym obszarem badań związana jest również większość współpracy Habilitanta z sektorem gospodarczym, która przedstawiona została w Załączniku 4 pkt III.2; III.5 oraz osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne w Załączniku 4 pkt II.14. **Zważywszy na dużą wiedzę specjalistyczną Habilitanta w tym obszarze badawczym, jest on niewątpliwie postrzegany jako ekspert. Zdaniem recenzenta wiedza z tego obszaru mogła zostać również wykorzystana do zaproponowania własnego programu badań i realizacji projektów badawczych z udziałem przedsiębiorstw. Przedstawiona przez dr inż. Krzysztofa Aniołka współpraca z przemysłem opiera się głównie na wykonywaniu ekspertyz, analiz i opracowań technicznych. W dorobku brakuje patentów oraz wdrożeń.**
- (b) **Modyfikacja powierzchni tytanu i jego stopów.** Habilitant prowadził badania nad modyfikacją powierzchni tytanu Grade 2 oraz stopu Ti-6Al-7Nb w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego, których celem było zwiększenie trwałości tribologicznej, odporności korozyjnej oraz poprawa właściwości mechanicznych wytworzonych warstw tlenkowych. Jak wskazuje sam Habilitant, działania te ukierunkowane były na poprawę charakterystyk mechanicznych, adhezyjnych i tribologicznych, umożliwiających zmniejszenie zużycia ściernego tytanu i jego stopów. Badania z tego obszaru są wskazane przez dra inż. Krzysztofa Aniołka jako osiągnięcie naukowe [Załącznik 3 pkt 4]. Prace te były realizowane w ramach zadań badawczych finansowanych głównie przez macierzystą jednostkę naukową – Uniwersytet Śląski – i miały charakter statutowy (granty wewnętrzne). Mimo ograniczonych środków finansowych Habilitant z powodzeniem zrealizował eksperymenty oraz konsekwentnie upowszechniał ich wyniki w wysoko punktowanych czasopismach naukowych. Badania pozwoliły na uzyskanie warstw tlenkowych na powierzchni tytanu Grade 2 i stopu Ti-6Al-7Nb, które w znaczącym stopniu ograniczają procesy destrukcyjne w warstwie wierzchniej. Stwierdzono m.in. redukcję zużycia

tribologicznego do 80–90%, wzrost twardości i modułu sprężystości oraz poprawę adhezji i odporności na korozję. **Natomiast słabą stroną działalności Habilitanta w tym obszarze badawczym jest prawie całkowity brak współpracy z innymi jednostkami naukowymi w kraju, które akurat w podobnej tematyce mają bogate doświadczenie. Zważywszy na to, że Habilitant potrafi samodzielnie formułować problem badawczy i go rozwiązać, nasuwa się pytanie dlaczego nie podjął żadnej próby nawiązania współpracy w kraju w temacie tytanu i jego stopów.**

Uzupełnieniem głównych obszarów badawczych był udział dra inż. Krzysztofa Aniołka w pracach dotyczących:

- (a) **Analizy kruchości aluminidków żelaza**, gdzie prowadził badania nad mechanizmem inicjacji i propagacji pęknięć w aluminidkach żelaza, w tym pomiary twardości i statyczne próby wytrzymałościowe.
- (b) **Modyfikacji właściwości stopów magnezu**, gdzie prowadził badania wpływu parametrów przesycania i starzenia wydzieleniowego na mikrostrukturę oraz właściwości mechaniczne i tribologiczne stopów magnezu Mg–Y–Nd–Zr oraz wpływu obróbki kriogenicznej połączonej ze starzeniem na mikromechanikę i odporność na zużycie.
- (c) **Aktywacji strumieniem elektronów materiałów polimerowych**, gdzie prowadził ocenę wpływu wiązki elektronów na strukturę i własności tribologiczne tworzyw takich jak PTFE.

W publikacjach naukowych, które dotyczą dodatkowych obszarów działalności, Habilitant określił swój udział procentowy w zakresie 10 – 20%.

W dorobku publikacyjnym Habilitanta znajduje się sumarycznie 87 pozycji naukowych, z czego: 41 publikacji naukowych, indeksowanych w bazie *Journal Citation Reports (JCR)*, 46 publikacji (w tym 34 po doktoracie), które znajdują się w bazach innych niż *JCR* oraz 1 współautorski rozdział w monografii. W bazie *Web of Science* widnieje 42 z 87 jego prac, które - pomijając autocytowania - zgromadziły 483 cytowania, a jego wskaźnik Hirscha wynosi 14. Warto zauważyć, że spośród najwyżej cytowanych 14 publikacji dra inż. Aniołka znajdują się 2 publikacje autorskie oraz 8, w których jest pierwszym autorem. Analizując całość dorobku publikacyjnego należy zwrócić uwagę na znaczący wkład autorski Habilitanta w powstałe prace. Taka struktura autorstwa, wraz z rosnącą liczbą cytowań, potwierdza duże zainteresowanie środowiska naukowego prowadzonymi przez niego badaniami i świadczy o istotnym wpływie jego prac na rozwój inżynierii materiałowej.

Oceniając aktywność naukową dra inż. Krzysztofa Aniołka należy odnieść się do jego udziału w krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Analizując informacje przedstawione w Załączniku 4 pkt II.2 uzyskujemy pogląd, że od początku swojej kariery naukowej do chwili obecnej brał on udział w 46 seminariach i konferencjach, z czego w 38 w okresie po uzyskaniu stopnia doktora. Jednakże, zdaniem recenzenta dorobek w tym zakresie nie jest imponujący zważywszy na fakt, że tylko kilka z wymienionych konferencji, to konferencje o zasięgu międzynarodowym. Większość, to udział w Jesiennej Szkole Tribologicznej (14 pozycji po doktoracie), a w 8 konferencjach w latach 2022 – 2024, Habilitant deklaruje jedynie udział bierny. Słabą stroną Habilitanta jest również udział w projektach badawczych finansowanych ze źródeł zewnętrznych krajowych lub zagranicznych. Od momentu rozpoczęcia pracy w Instytucie Nauki o Materiałach na Wydziale Informatyki i Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego w 2010 roku do chwili obecnej, dr inż. Krzysztof Aniołek brał udział jako wykonawca tylko w dwóch projektach pozyskanych w ramach konkursów przez inne zespoły: projekt badawczy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki (Opus NN507221340) w latach 2011–2013 pt. „Oddziaływanie struktury na właściwości stali węglowo-manganowej w rozjazdach kolejowych odpornych na zużycie ścierne i zmęczeniowe”, którego kierownikiem był dr hab. inż. Jerzy Herian z Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej, oraz projekt badawczo-wdrożeniowy INNOTECH-K1/IN1/46/157239/NCBR/12 realizowany przez konsorcjum: Uniwersytet Śląski, Politechnika Warszawska, MIKROHUTA oraz BPH "MIKROMED" Sp. z o.o. w Dąbrowie Górniczej w latach 2012 - 2015, którego kierownikiem był prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń z Wydziału Inżynierii Materiałowej, Politechniki Warszawskiej. Habilitant nie posiada

żadnego doświadczenia w kierowaniu zespołami badawczymi, w swoim dorobku jako lider ma jedynie projekty, które były i są realizowane w ramach konkursów wewnętrznych Wydziału Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego i finansowane są ze środków statutowych (9 zadań, z czego w 5 jako kierownik/lider). W dorobku Habilitanta brak jest pozyskanych własnych projektów badawczych, jak również udziału w realizacji międzynarodowych projektów naukowych. Informacja podana w Załączniku 4 pkt II 9 przedstawiająca wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych, dotyczy działalności dydaktycznej, a nie naukowej oraz w przypadku pkt II 9.3 - usługi badawczo-rozwojowej finansowanej w formule „Bony na innowacje dla MŚP”, gdzie firma otrzymuje voucher na zakup usług B+R świadczonych przez jednostkę naukową. Dodatkowo, nawet te wymienione projekty, nie mogą być zaliczone jako projekty międzynarodowe, a jedynie finansowane ze środków funduszy strukturalnych.

Jednym z warunków nadania stopnia doktora habilitowanego jest wykazywanie się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni czy instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej. W 2021 roku Habilitant odbył miesięczny staż na Politechnice Wrocławskiej w Katedrze Podstaw Konstrukcji Maszyn i Układów Mechatronicznych. Efektem odbytego stażu są dwie publikacje naukowe, z czego jedna z nich weszła do głównego cyklu, który dr inż. Krzysztof Aniołek przedstawia jako osiągnięcie naukowe [Zał. 4, pkt I, poz. A7/ pkt II.12.1, poz. 10]. Natomiast staż w Katedrze Technologii Materiałowych Politechniki Śląskiej, który Habilitant odbył w 2024 roku, zdaniem recenzenta można zakwalifikować raczej jako szkolenie z obsługi pieca indukcyjnego, a nie jako staż naukowy. Nie ma tu mowy o żadnych efektach naukowych, ani w postaci publikacji, ani wspólnych projektów badawczych. Niewątpliwie bardziej wartościowym stażem, był pierwszy staż Habilitanta realizowany zaraz po zakończeniu studiów, jeszcze przed rozpoczęciem studiów doktoranckich w 2005 roku w Katedrze Transportu Szynowego Politechniki Śląskiej. Wymiernym efektem stażu był udział w pracach badawczych realizowanych na rzecz przemysłu oraz publikacje naukowe [Zał. 4, pkt II.12.2, poz. 1-8, 10, 11].

Jeśli chodzi o współpracę międzynarodową Habilitanta, opiera się ona o trzy uczelnie: University of Zurich (Szwajcaria), University of Hradec Kralove (Czechy) oraz Ivan Franko National University of Lviv (Ukraina). Jednakże na podstawie informacji zawartych w Załączniku 3, można mieć wrażenie, że to były jedynie jednorazowe badania/pomiary wykonane przez dra inż. Krzysztofa Aniołka, które wykorzystane zostały we wspólnych publikacjach. Z naukowcami z każdej z uczelni Habilitant ma po jednej publikacji, natomiast nie ma żadnych wspólnych projektów, które potwierdzałyby zawiązaną długotrwałą współpracę. Na podstawie dostępnych informacji o dorobku naukowym dra inż. Krzysztofa Aniołka należy uznać, że posiada on bardzo wąską współpracę zarówno krajową jak i międzynarodową.

W latach 2016 – 2024 dr inż. Krzysztof Aniołek zrecenzował łącznie 40 publikacji naukowych, z czego 35 znajdujących się w bazie JCR: *Surface and Coatings Technology* (7), *Wear* (1), *Materials* (4), *Surfaces and Interfaces* (2), *Vacuum* (2), *Journal of Materials Research and Technology* (1) i innych. W 2012 roku Habilitant pełnił rolę eksperta w Komisji Konkursowej w Ministerstwie Gospodarki ds. oceny wniosków w ramach działania 4.5 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007–2013 (3 recenzje). **Dr inż. Krzysztof Aniołek nie pełnił funkcji recenzenta w projektach badawczych finansowanych przez NCBiR, NCN oraz UE.**

4. Ocena dorobku Habilitanta w aspekcie osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.

Dr inż. Krzysztof Aniołek swoje pierwsze doświadczenia dydaktyczne zdobywał na Politechnice Śląskiej (2005–2009) na Wydziale Transportu, w Katedrze Transportu Szynowego, gdzie prowadził ćwiczenia laboratoryjne z projektowania w środowisku CATIA, kursy Europejskiego Certyfikatu Umiejętności Komputerowych (ECDL) oraz wykłady podyplomowe w ramach „Zintegrowanego Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem w Transporcie Kolejowym” organizowane przez Katedrę Transportu Szynowego i Europejskie Centrum Doskonałości TRANSMEC. Od 2010 roku związany jest

z Uniwersytetem Śląskim, gdzie w Instytucie Inżynierii Materiałowej oraz w Ośrodku Dydaktycznym w Rybniku prowadzi autorskie wykłady i ćwiczenia laboratoryjne zarówno w języku polskim (10 wykładów i 5 ćwiczeń), jak i angielskim (5 wykładów), a także zajęcia dla Uniwersytetu Trzeciego Wieku i seminaria dyplomowe. Od 2016 roku dr inż. Aniołek wykłada również w Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej – na Wydziale Nauk Stosowanych oraz na wydziałach zamiejscowych w Olkuszu, Tychach i Krakowie realizuje autorskie przedmioty na kierunkach Transport, Inżynieria Zarządzania i Logistyka; w latach 2016–2024 przeprowadził dziewięć wykładów na studiach podyplomowych i seminaria dyplomowe dla studentów I i II stopnia.

W zakresie opieki nad studentami dr inż. Aniołek jako promotor i opiekun prac dyplomowych od 2010 do 2024 roku na Uniwersytecie Śląskim nadzorował siedem prac inżynierskich i dwie magisterskie oraz pełnił funkcję opiekuna przy trzech pracach inżynierskich i jednej magisterskiej realizowanych w Instytucie Inżynierii Materiałowej, natomiast w Akademii WSB w latach 2022–2024 był promotorem czterech inżynierskich prac dyplomowych na kierunku Transport o specjalności Inżynieria i bezpieczeństwo w transporcie szynowym. Łącznie dr inż. Krzysztof Aniołek kierował jako promotor lub opiekun trzynastoma pracami inżynierskimi i trzema magisterskimi, co dowodzi jego długoletniego i zaangażowanego podejścia w rozwój naukowy młodych inżynierów.

Dr inż. Krzysztof Aniołek od początku swojej kariery akademickiej aktywnie zaangażowany był w prace organizacyjne Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej, pełniąc funkcje członka stałej Uczelnianej Komisji Rekrutacyjnej oraz Komisji ds. Rozkładu Zajęć, a także współorganizując konferencje naukowe takie jak TRANSMEC czy Pojazdy Szynowe. Już przed uzyskaniem stopnia doktora uczestniczył w komitetach organizacyjnych Seminarium Lotniczego i FORUM SEC, co pozwoliło mu zdobyć doświadczenie w przygotowaniu wydarzeń międzynarodowych. Po obronie rozprawy doktorskiej objął szereg nowych zadań – koordynował wsparcie dla osób niepełnosprawnych na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych UŚ, nadzorował prace laboratoryjne w nowej siedzibie Instytutu Nauki o Materiałach, organizował pokazy sprzętu badawczego oraz Dni Otwarte Instytutu, a także pełnił rolę współopiekuna naukowego zagranicznych stażystów. W ostatniej kadencji został powołany do Rady Naukowej Instytutu Inżynierii Materiałowej UŚ (2022–2026), brał udział w komisjach konkursowych na stanowisko adiunkta. Od 2023 r. poszerza swoje wpływy poza uczelnię, jako członek zarządu Śląskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Tribologicznego.

Dr inż. Krzysztof Aniołek od wielu lat konsekwentnie angażuje się w popularyzację nauki, kierując swoje działania zarówno do młodzieży szkolnej, jak i szerokiej publiczności podczas ogólnodostępnych festiwali i dni otwartych. W ramach Europejskiego Miasta Nauki 2024 prowadził na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego interaktywne warsztaty mikromechaniczno-tribologiczne podczas „Pikniku z Nowymi Technologiami”. Podobne ćwiczenia z zakresu praktycznych zastosowań tribologii przygotowywał na Ogólnopolskim Dniu Inżynierii Materiałowej w 2023 i 2024 roku, a w czerwcu 2023 w ramach „Szkoły Letniej PIN UŚ – kod do przyszłości” prowadził cykl warsztatów dla młodzieży licealnej i gimnazjalnej. Ponadto, dr inż. Aniołek regularnie uczestniczy w Świącie Liczby π (edukacyjne edycje w 2016, 2018 i 2023), gdzie łączył zagadnienia matematyki z inżynierią materiałową podczas warsztatów „Badania właściwości mechanicznych materiałów”. Na Chorzowskim Festiwalu Nauki (2019) prezentował mieszkańcom regionu zaawansowane metody badawcze w dziedzinie mechaniki i tribologii materiałów. W 2017 i 2018 roku, pełnił także rolę wykładowcy oraz koordynatora podczas Dni Otwartych Instytutu Nauki o Materiałach, wygłaszając wykład „Rola materiałów inżynierskich oraz modelowania numerycznego w rozwoju transportu szynowego”. Działalność popularyzatorska dra inż. Krzysztofa Aniołka cechuje się interdyscyplinarnością i praktycznym podejściem – jego warsztaty i wykłady nie tylko przybliżają złożone zagadnienia tribologii i inżynierii materiałowej, ale przede wszystkim zachęcają do aktywnego eksperymentowania i samodzielnego odkrywania zjawisk naukowych zarówno wśród młodzieży, jak i dorosłych uczestników festiwali naukowych.

Podsumowując, wysoko oceniam dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski Habilitanta.

5. Wnioski końcowe

Dr inż. Krzysztof Aniołek legitymuje się dobrym poziomem dorobku publikacyjnego, posiada duże doświadczenie i osiągnięcia we współpracy z przedsiębiorstwami, a także wyróżnia się wieloletnią praktyką w pracy dydaktycznej. W mojej opinii, przedstawiony przez Habilitanta cykl publikacji, jako osiągnięcie naukowe pt. *Modyfikacja powierzchni tytanu Grade 2 oraz stopów Ti-6Al-7Nb i Ti-6Al-4V ELI w procesach utleniania izotermicznego i cyklicznego* wniósł wystarczający wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa.

Na tej podstawie oceniam, że całokształt dorobku naukowego dra inż. Krzysztofa Aniołka przedłożony w ramach postępowania habilitacyjnego, spełnia w wystarczającym stopniu wymagania określone w ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* dotyczące nadawania stopni naukowych. W związku z tym wnoszę o nadanie dr inż. Krzysztofowi Aniołkowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

.....
prof. dr hab. Aleksandra Kolano-Burian