

Dr hab. inż. Błażej Bałasz, prof. uczelni
Katedra Inżynierii Systemów Technicznych
i Informatycznych
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki
Politechnika Koszalińska

Koszalin, dnia 10.05.2026 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Izabeli Abramczyk

pt.: „Analiza wpływu procesu trawienia implantów wytworzonych metodą addytywną ze stopu tytanu Ti6Al4V ELI na ich wybrane właściwości fizyko-chemiczne”

Promotor rozprawy doktorskiej: dr hab. inż. Bogdan Ligaj

Podstawa opracowania: Uchwała Rady Naukowej Dyscypliny inżyniera mechaniczna Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich nr 02/03/2026 z dnia 3 marca 2026 r. o wyznaczeniu na recenzenta w przedmiotowym postępowaniu.

1. Uzasadnienie podjęcia tematu pracy i jej opis ogólny

Opiniowana rozprawa doktorska dotyczy poprawy jakości powierzchni wyrobów wytworzonych ze stopu tytanu Ti6Al4V ELI w procesie spiekania laserowego łoża proszku (ang. L-PBF Laser Powder Bed Fusion) metoda trawienia chemicznego oraz ocenę wpływu procesu trawienia na zmianę właściwości fizyko-chemicznych tych wyrobów. Wytwarzanie przyrostowe stało się obecnie jednym z najważniejszych kierunków rozwoju technologii, dającym impuls do prac rozwojowych nad nowymi materiałami o właściwościach uwzględniających cechy tych procesów (wielokrotne szybkie procesy topienia i krystalizacji małych objętości materiału, wpływających na mikrostrukturę i porowatość), jak również w obszarze zastosowań wytworzonych w tych metodach wyrobów tj. inżynierią biomedyczną, przemysłem lotniczym, samochodowym czy energetycznym. Technologie te dają większą swobodę projektowania struktur wyrobów zwłaszcza pożądaną w przypadku implantów projektowanych dla indywidualnego pacjenta, ale jak każda technologia, ma swoje ograniczenia, które w głównej

mierze w przypadku implantów dotyczą zapewnienia właściwej struktury krystalicznej oraz struktury geometrycznej powierzchni, a osiągnięcie optymalnych ostatecznych właściwości wymaga starannej optymalizacji procesu wytwarzania z uwzględnieniem doboru morfologii proszku, jak i poddania wyrobu kolejnym procesom cieplno-chemicznym czy mechanicznym. Recenzowana praca wpisuje się w ten obszar badawczy, doktorantka podjęła się zadania zbadania mechanizmu jednego z tych procesów, jakim jest trawienie chemiczne i opracowanie wytycznych do projektowania tego procesu, zwłaszcza w zakresie implantów wytwarzanych przyrostowo. Jest to potwierdzenie aktualności i ważności prowadzonych badań, oraz bardzo duży potencjał aplikacyjny. Jako najważniejszy obszar badań Doktorantki uznaję próbę oceny wpływu procesu trawienia na wybrane właściwości fizyko-chemiczne wyrobu.

Zakres pracy, jaki Doktorantka przyjęła do osiągnięcia założonych celów obejmował:

- Dobór i ocena wpływu składu czynnika trawiącego oraz czasu trwania procesu na strukturę geometryczną powierzchni, skład chemiczny na powierzchni próbek, ubytek masy i twardość powierzchniową próbek wytworzonych metodą hutniczą oraz przyrostową.
- Ocena wpływu czasu trwania procesu trawienia z wykorzystaniem wybranego czynnika trawiącego oraz wpływu fal ultradźwiękowych na strukturę geometryczną powierzchni, skład chemiczny powierzchni, ubytek masy i twardość powierzchniową oraz zmianę właściwości mechanicznych ocenioną w próbie statycznego rozciągania.
- Ocena wpływu czasu trwania procesu trawienia modelowego implantu z wykorzystaniem wybranego czynnika trawiącego oraz wpływu fal ultradźwiękowych na jego strukturę geometryczną powierzchni, ubytek masy i wytrzymałość w warunkach czteropunktowego zginania oraz skład chemiczny na powierzchni.
- Przeprowadzenie analizy wyników w trzech etapów z zastosowaniem metod statystycznych.

Zaproponowany zakres pracy wydaje się być logiczny i spójny, a jego poprawne zrealizowanie powinno doprowadzić do osiągnięcia celów pracy. Zakres pracy jest szeroki, a przyjęte metody badawcze, urządzenia pomiarowe i technologiczne potwierdzają bardzo dobre przygotowanie Doktorantki do realizacji postawionego zakresu pracy. W ocenie recenzenta pewnym niedoborem pracy jest pominięcie analizy struktury krystalicznej badanych elementów

na poszczególnych etapach procesu, która w istotny sposób determinuje procesy trawienia oraz właściwości mechaniczne.

Praca liczy 165 strony, składa się z 6-ciu rozdziałów w których zawarto: analizę obszaru badawczego, w szczególności omówienie metod wytwarzania przyrostowego z proszków metali wykorzystanych w badaniach oraz aktualny stan wiedzy w oparciu o analizę literatury. Przedstawiono tezę pracy i jej uzasadnienie. Kolejny rozdział to opis materiałów i metod badań. W rozdziale czwartym przedstawiono szczegółowo wyniki badań podzielonych na trzy etapy. Rozdział piąty zawiera analizę wyników badań w zakresie właściwości wytrzymałościowych, topografii powierzchni oraz ubytku masy próbek w wyniku procesu trawienia. Całość pracy podsumowano wraz ze sformułowaniem wniosków w rozdziale szóstym. Zawarta bibliografia składa się z wykazu 121 publikacji z okresu ostatnich 15 lat, 12 norm, 15 opisów patentowych oraz 5 kart materiałowych. W pracy zamieszczono również wykaz ważniejszych oznaczeń, oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

Uważam, że przedstawiona do opiniowania praca stanowi kompletne, obszerne opracowanie w zakresie określonym tematem, napisana poprawnym językiem, dobrą edycją, choć czasami zbyt małymi rysunkami, utrudniającymi ich analizę.

2. Ocena merytoryczna pracy

Treść doktoratu rozpoczyna bardzo obszerna analiza stanu wiedzy w obszarze związanym z tematyką pracy. Doktorantka przedstawiła bardzo szeroki zakres analizy literatury oraz patentów obejmujący rys historyczny technologii przyrostowych, warunki procesowe, wyzwania technologiczne, technologie obróbek wykończeniowych, trawienie chemiczne, wpływ trawienia na biointegrację, proces trawienia i reakcje chemiczne, główne reakcje w roztworze Krolla, reakcje z głównymi składnikami stopu Ti6Al4V ELI oraz wpływ procesu trawienia na właściwości mechaniczne stopu. Zakres analiz jest bardzo obszerny, bardzo merytoryczny, jednakże w ocenie recenzenta, możliwy do zredukowania (np. poprzez usunięcie rysu historycznego), oraz skupienia się Doktorantki tylko na zakresie związanym z pracą. Także pominięcie omówienia patentów, które nie wnoszą wiedzy naukowej, nie zmniejszyło by wartości analizy stanu wiedzy. W analizie literatury całkowicie pominięto wpływ parametrów procesu wytwarzania przyrostowego na mikrostrukturę elementów (poza jednym akapitem na stronie 20 „Zmiana mocy lasera, przy stałej prędkości skanowania, wpływa na fazy składowe α' -Ti i β -Ti ...”), brakuje także szczegółowego

opisu morfologii powierzchni charakterystycznego dla tego procesu, pomimo dużej liczby dostępnych publikacji na ten temat. Wnioski płynące z analizy literatury są poprawne, jednakże nie w pełni pokryte w analizie, jak na przykład ostatni akapit na str. 41 uzasadniający konieczność stosowania obróbki „termicznej” (powinno być: cieplnej), ze wskazaniem na rodzaj obróbki wybrany do dalszych badań.

Rozdział drugi definiuje problem badawczy, cel i zakres badań. Sam problem badawczy został zdefiniowany poprawnie, jest on wciąż aktualny i ważny w kontekście poprawy jakości powierzchni i zmiany właściwości wytrzymałościowych wytrawionych elementów. Jednakże został on ograniczony jedynie do analizy zmian powierzchniowych, pominięto niestety całą grupę elementów, których konstrukcja zawiera struktury belkowe lub cienkościenne, które stanowią podstawę nowoczesnych implantów, dla których proces trawienia może pogorszyć właściwości mechaniczne w wyniku znaczącego ubytku materiału. Uzasadnienie problemu badawczego napisane jest mało precyzyjnie, gdyż zawiera treści nie odnoszące się wprost do celu pracy (np. trawienie podpór).

Teza pracy cytuję: **„Zastosowanie chemicznego trawienia wspomaganego ultradźwiękami w odniesieniu do elementów ze stopu Ti6Al4V ELI wytworzonych metodą addytywną pozwala na kontrolowaną modyfikację powierzchni i poprawę jej właściwości fizykochemicznych (takich jak chropowatość, skład chemiczny, twardość), przy jednoczesnym zachowaniu lub poprawie właściwości mechanicznych, pod warunkiem właściwego doboru czasu trwania procesu”** jest tezą bardzo ogólną, jednakże zakładającą pozytywny wpływ ultradźwięków na poprawę procesu. Skąd założenie, że na pewno nastąpi poprawa i dlaczego jedyną istotną parametrem procesu jest czas, a nie na przykład częstotliwość ultradźwięków, czy też ich ciągłość? Szkoda, że w tytule pracy nie odniesiono się do całości badań np. poprzez dodanie zwrotu „... procesu trawienia wspomaganego ultradźwiękami...”

Cel badań został już przedstawiony powyżej w recenzji, jednakże wymaga on analizy, która została przeprowadzona na podstawie pozostałych rozdziałów pracy. Etap pierwszy zakłada przeprowadzenie procesu trawienia próbek w kształcie walca o dużym promieniu podstawy i małej wysokości (potocznie nazwanej w pracy – pastylka), jedną grupę przygotowano z odcięcia od walca wytworzonego hutniczo, drugą wytworzonego przyrostowo. Trawieniu poddano całe walce, w których mamy odmienny charakter powierzchni bocznej w przypadku walca wytworzonego przyrostowo, a tym samym inną powierzchnię rozwinięcia, odmienny przebieg procesu trawienia i jego efekty. Na tym etapie powierzchnie wszystkich walców powinny być

obrobione mechanicznie i pozbawione przytwierdzonego proszku. W obecnym stanie, nie jest możliwe wiarygodne porównanie ubytków masy między dwoma grupami próbek. Jednocześnie na podstawie wyników tych badań dokonuje się wyboru składu roztworu do trawienia w etapie drugim, w którym całkowicie zmienia się kształt próbek oraz charakter powierzchni (cała powierzchnia jest z przyklejonymi ziarnami proszku czyli innych dominujący charakter procesu trawienia. Brak informacji o podstawie na której były podpory). Ulega zmianie także stosunek objętości roztworu trawiącego w stosunku do powierzchni trawienia, a to istotny czynnik wpływający na efektywność procesu trawienia. W ocenie recenzenta wyniki badań z etapu I nie determinują procesu w etapie II. Dla przykładu, chropowatość powierzchni w etapie I rośnie, w etapie II maleje dla tych samych warunków procesu. Kolejny etap III jest próbką nawiązania do sformułowania implanty z tytułu pracy, ale kształt dobranego elementu wymusza kolejną nieciągłość w procesie wnioskowania, gdyż w zakresie oceny wpływu procesu trawienia na właściwości wytrzymałościowe dokonano zmiany z rozciągania na zginanie czteropunktowe, dodatkowo utrudniając analizę poprzez wprowadzenie otworów. Dlaczego nie wykonano próbek o kształcie z etapu II w których część poddawaną zrywaniu zaprojektowano by ze struktury kratownicowej lub TPMS, poddano procesowi trawienia i zbadano w procesie rozciągania. Wniosło by to duże walory poznawcze i użytkarne. Podsumowując, każdy z etapów jest poprawnie zaplanowany, brakuje jednak spójności pomiędzy etapami. Zestawienie zakresu badań w postaci tabelarycznej poprawiło by czytelność tej części pracy.

Rozdział trzeci przedstawia charakterystykę materiałów użytych do badań oraz opisuje metody i urządzenia technologiczne i pomiarowe wykorzystane na wszystkich etapach badań. Całość opisu należy uznać za poprawny i spójny, jednak w wyniku analizy pracy pojawiają się pewne wątpliwości:

- W zestawieniach materiałów jest informacja o składzie stopu z jakiego wykonano próbki w obu technologiach, brakuje jednak pełniejszej charakterystyki proszku tytanowego (np. zdjęcia SEM, analiza wielkości cząstek), błędnie także podano parametr w tabeli 3.3 „maksymalna wielkość ziaren” powinno być: $>63 \mu\text{m}$ stanowi nie więcej niż 0,3 wt% wagi., co oznacz możliwość występowania cząstek o większej średnicy.
- Proces cieplny dobrano poprawnie jako wyżarzanie odprężające, jednakże nie zaplanowano żadnej metody oceny zmian w strukturze materiału w wyniku procesu. Opis próbek jest

zrozumiały, natomiast rys. 3.7 i 3.8 są nieczytelne, a w zakresie wymiarowania zawierają nieścisłości.

- Proces trawienia chemicznego opisano poprawnie, brakuje jednak wyjaśnienia, dlaczego dla stężenia kwasu azotowego wybrano tak duże zróżnicowanie: 20%, 9%, 5.0% (tab. 3.4). Brakuje pełnej analizy stosunku powierzchni rozwinięcia trawionych próbek do objętości roztworu trawiącego. Szczegółowy przebieg procesu scharakteryzowano dla etapu III, czy miał on podobny przebieg dla etapu I i II (rys. 3.11).
- Pomiar twardości w etapie I nie wymaga wyjaśnienia, natomiast jest nieprecyzyjnie opisany dla etapu II. Brakuje informacji w które części próbki mierzono twardość i czy początkowy stan powierzchni dla którego wartość parametru Rz wynosi 47 μm (tab. 4.18) nie zakłócał pomiaru (brak informacji o geometrii wgłębnika). Dlaczego nie badano twardości w etapie III.
- Negatywnie należy ocenić dobór metody i parametry do oceny topografii powierzchni. Zastosowana metodyka w postaci profilometru, mierzenia jednego profilu i oceny na podstawie wartości parametrów Ra, Rp, Rv, Rz sprawdza się jedynie w zastosowaniach warsztatowych. W przypadku oceny efektywności procesu trawienia, czy też w przypadku oceny powierzchni po wytwarzaniu przyrostowym, należy stworzyć mapę badanego fragmentu (rys. 1.18) i wyznaczyć wartości parametrów powierzchniowych, np. Sa, Sp, Sv, Sz. Taka ocena jest niezależna od kierunku pomiaru i daje pełniejszą możliwość oceny charakteru zmian w wyniku procesu trawienia.
- W zakresie badania mikroskopowych SEM, Doktorantka deklaruje że: przeprowadzono badania optyczne powierzchni oraz zglądów metalograficznych. Niestety w pracy nie podano informacji o metodyce przygotowania zglądów, ani nie zamieszczono przykładowych wyników i analizy. Wszystkie zdjęcia SEM przedstawiają jedynie analizę morfologii powierzchni.

Rozdział czwarty stanowi opis i analizę wyników badań przeprowadzonych w etapie I, II i III. Przedstawiono analizę ubytków masy próbek w poszczególnych etapach procesu, zmiany chropowatości powierzchni, twardości powierzchniowej, wyniki analizy optycznej struktury powierzchni oraz wyniki badań roztworów trawiących z wykorzystaniem spektroskopii UV-Vis. Przedstawione analizy wyników dokonane są bardzo obszerne i wnikliwie, Doktorantka starała się wyjaśnić przyczynę każdej zmienności w procesie. Jednakże doprecyzowania wymagają pewne niejasności:

- W przypadku ubytku masy, próbki wytworzone przyrostowo straciły o rząd wielkości więcej niż próbki hutnicze. Doktorantka nie podjęła się próby analizy przyczyn tak dużego zróżnicowania obu procesów. Wartości w tabeli 4.3 są inne niż przedstawione na rys. 4.3 (prawdopodobnie zamienione wyniki w tabel między A i B).
- Analiza wartości parametrów chropowatości wskazuje na duże rozrzuty w kolejnych pomiarach. Jak w ocenie Doktorantki miejsce i kierunek pomiaru wpłynął by na analizę wpływu parametrów procesu na efektywność trawienia.
- Pomiar twardości wskazuje na niewielkie zmiany wynikające z procesu trawienia. Dlaczego Doktorantka wnioskuje o korzystnym wpływie trawienia w roztworze C dla obu typów próbek, i wzroście twardości, skoro dla próbki MH jest jej spadek (tab. 4.12)?
- W przypadku badań optycznych zamieszczono obrazy SEM zarówno dla próbki MH (rys. 4.12) i MA (rys. 4.13), jednakże Doktorantka dokonała analizy próbki MH, a pominęła próbkę MA. Co było tego przyczyną?
- W podsumowaniu etapu I zawarto wnioski: „Obserwacje powierzchni wykonano techniką skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), co ujawniło istotne różnice mikrostrukturalne pomiędzy próbkami MH i MA ze stopu Ti6Al4V ELI. W próbkach MH jednoznacznie zidentyfikowano dwufazową mikrostrukturę $\alpha+\beta$, a proces trawienia odstąpił charakterystyczny kontrast fazowy”, oraz „Drukowany stop tytanu pozbawiony był fazy β ”. Doktorantka nie przedstawiła wyników badań uzasadniających do sformułowania takich wniosków.

Etap drugi to badania próbek MA w procesie trawienia z roztworem B oraz próba oceny wpływu fal ultradźwiękowych na efekty procesu trawienia poprzez analizę: ubytku masy, zmianę chropowatości powierzchni, analizę powierzchni za pomocą SEM, badania wytrzymałościowe. Ponownie, analizy dokonane przez Doktorantkę są bardzo precyzyjne w stosunku do materiału badawczego, choć czasami nie zrozumiałe, jak cytuję (str. 93 i 94): „lokalne skupiska resztkowe”, „rośnie gęstość płytkich jam pooderwowych”, „wysokość rys ścieżek maleje”, „powierzchnia silnie „oczyszczona”; dołki pooderwowe drobnieją i zaokrąglają się”. Niestety nie są to sformułowania pasujące do pracy naukowej. Wyjaśnienia wymaga także kilka wątpliwości recenzenta:

- Brak informacji o parametrach procesu wytwarzania przyrostowego badanych próbek.

- Porównując wyniki ubytków masy dla próbki MA z etapu I (tab. 4.3) i etapu II (tab. 4.16) zauważalna jest mniejsza zmiana masy dla próbki MA-BU, natomiast wzrasta rozrzut kolejnych pomiarów. Co może być tego przyczyną?
- Nie w pełni uzasadniony wniosek (str. 89): „Zastosowanie ultradźwięków pozwala znacząco zwiększyć intensywność usuwania materiału, co bezpośrednio przekłada się na skrócenie czasu niezbędnego do całkowitego usunięcia materiału podporowego oraz wygładzenia powierzchni elementów”. Z wykresu wynika, że dla czasu powyżej 12 minut następuje intensyfikacja ubytku masy, ale kosztem czasu. Skąd też wniosek o całkowitym usunięciu materiału podporowego, skoro w pracy tego nie badano.
- W tabelach 4.17 i 4.18 wartości początkowe parametrów chropowatości są identyczne. Jak to wytłumaczyć skoro, cytuję (str. 90): „Na każdej próbce wykonano trzy niezależne pomiary.”
- Jak można wyjaśnić mechanizm wzrostu chropowatości próbki MU w etapie I (tab. 4.8) i spadku chropowatości MU-BU w etapie II (tab. 4.17).
- Na rysunkach 4.17÷4.31 przedstawiono obrazy SEM z powierzchni próbek. Brak informacji o fragmentach próbek na którym dokonano analizy.
- Na stronie 102 w akapicie drugi zaczynającym się od słów: „Makroskopowa analiza uszkodzonych próbek MA-BU (rys.4.18.a ÷ 4.24.a) wskazuje na dominujący charakter plastyczny z wyraźnym przewężeniem w strefie pomiarowej oraz obecnością charakterystycznych krawędzi dla uplastycznienia i ścinania przekroju pod kątem zbliżonym do maksymalnych naprężeń stycznych ...” na podstawie jakich obserwacji dokonano tak szczegółowej analizy, bo na podstawie zamieszczonych zdjęć trudno to zweryfikować?
- Czy w badaniach wytrzymałości materiału w warunkach obciążeń statycznych wprowadzono korektę wymiarową próbki, zgodnie ze zmieniającą się średnicą, oraz jaką metodą mierzono tę średnicę?
- Na stronie 107 zamieszczono podsumowania wyników etapu II. W opinii recenzenta obawę budzi podstawa ich sformułowania. Dla przykładu cytuję: „Po 3 minutach trawienia pojawiają się wyraźne szyjki kontaktu o typowej szerokości około 3 μm . Cząstki tracą idealnie sferyczny kształt i wykazują pierwsze wzory trawienne na powierzchni. Średnica cząstek ulega wyraźnej redukcji (wartość średnia wynosi około 32,5 μm).”, kolejny fragment: „Po 9 minutach trawienia udział powierzchni pokrytej cząstkami obniża się do poziomu <50%. Średnia średnica wynosi około 25 μm ” oraz „Uogólniając mechanizm procesu można zauważyć, że

trawienie rozpoczyna się od podtrawienia szyjek i degradacji powierzchni cząstek (utrata gładkości, redukcja średnicy), następnie przechodzi w fazę odspajania (dominacja dołków pooderwowych i cokołów), a ostatecznie w fazę porządkowania topografii (zanik większości cząstek, ujednoczenie reliefu z przewagą smukłych, zaokrąglonych wierzchołków.” W treści podsumowania nie ma żadnego przekierowania do obrazów zawartych w doktoracie dających podstawę takich sformułowań.

W kolejnej części rozdziału czwartego zawarto wyniki badań etapu III dla próbki typu implant, których zakres obejmował analizę ubytku masy, zmianę chropowatości powierzchni, analizę powierzchni za pomocą SEM, badania wytrzymałościowe. Podobnie jak w poprzednich etapach Doktorantka skrupulatnie udokumentowała wyniki, sporządziła stosowne wykresy oraz bardzo szczegółowo scharakteryzowała zachodzące zmiany w badanych obszarach w wyniku trawienia. Jednakże, nie ustrzegła przed pewnymi nieścisłościami:

- W tab. 4.23 zamieszczono wyniki badań ubytków masy. Co może być przyczyną wielokrotnie większego procentowego ubytku masy niż w poprzednich etapach (tab. 4.3 i 4.16)?
- W tabelach 4.26 – 4.27 przedstawiono wyniki pomiarów wielkości kulek proszku tytanowego przylegającego do powierzchni. Jak była metodyka pomiarów?
- Str. 122: jak wyznaczono lokalną wytrzymałość w rejonie otworu σ_{go} w wyniku próby czteropunktowego zginania?

W rozdziale piątym Doktorantka dokonała analizy wyników badań własności wytrzymałościowych w celu określenia zależności między wytrzymałością na rozciąganie a odpornością na zginanie. Dokonała Analiza wyników badań chropowatości powierzchni w celu oceny wpływu udziału fal ultradźwiękowych w procesie trawienia na kształtowanie się struktury powierzchni. Kolejna analiza dotyczyła wyników ubytku masy w celu określenia wpływu fal ultradźwiękowych na wyniki procesu. Ostatnia część to analiza morfologii powierzchni stopu tytanu po trawieniu. Rozdział piąty w ocenie recenzenta stanowi dowód na bardzo dobre przygotowanie Doktorantki do prowadzenia badań naukowych.

Wnioski z badań i plan dalszych badań także potwierdza dobre przygotowanie Doktorantki do pracy naukowej, gdyż dostrzegła pewne braki wykonanych badań i potencjał do ich rozszerzenia.

Podsumowując całość uważam, że Doktorantka wywiązała się z postawionego zadania, zakres pracy został zrealizowany, a teza została potwierdzona na podstawie wyników badań.

Doktorantka wykazała się poprawnym pod względem metodologicznym podejściem do rozwiązywania nakreślonych problemów badawczych, a sformułowane przez recenzenta uwagi mają charakter dyskusji i nie umniejszają walorów użytecznych tej rozprawy.

3. Wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa doktorska posiada cechy oryginalności i istotne walory użyteczne. Mgr inż. Izabela Abramczyk wykazała, że posiada dużą wiedzę z zakresu procesów chemicznego trawienia powierzchni oraz badań materiałowych, osiągnęła wysoki poziom umiejętności analizy i syntezy złożonych problemów naukowych oraz systematyzowania wiedzy na potrzeby prowadzonych badań.

Na podstawie powyższych stwierdzeń, wyrażam opinię że rozprawa doktorska mgr inż. Izabeli Abramczyk spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* i wnoszę o dopuszczenie jej autorki do publicznej obrony.



Dokument
podpisany przez
Błażej Bałasz;
Politechnika
Koszalińska
Data: 2026.05.11
12:10:51 CEST