

dr hab. inż. Leszek Łatka, prof. uczelni
Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczny
Katedra Przeróbki Plastycznej,
Spawalnictwa i Metrologii

Wrocław, dn. 23.05.2022 r.

RECENZJA

dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego

dra inż. Medarda Makrenka

opracowana

w związku z prowadzonym postępowaniem o nadanie stopnia

doktora habilitowanego

w dziedzinie nauk *inżynieryjno-technicznych*

w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*

Podstawa opracowania

Podstawą opracowania recenzji osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dra inż. Medarda Makrenka, w związku z prowadzonym postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej w dziedzinie nauk *inżynieryjno-technicznych* w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*, jest pismo nr MAA-511/49/2022 sygnowanego przez Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej, dra hab. inż. Sławomira Błasiaka, prof. PŚk, z dnia 17 marca 2022 r.

Ocenę osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych oraz organizacyjnych dra inż. Medarda Makrenka przedstawiam na podstawie autoreferatu Kandydata, wykazu opublikowanych prac naukowych i twórczych prac zawodowych oraz jednotematycznego cyklu publikacji pt. „Ocena właściwości powłok jedno i wieloskładnikowych osadzonych metodami natrysku cieplnego badanych technikami indentacji”.

1. Sylwetka Kandydata i charakterystyka przebiegu pracy zawodowej

Pan dr inż. Medard Makrenek w 1989 r. ukończył studia magisterskie na Wydziale Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego i uzyskał stopień magistra fizyki na podstawie pracy dyplomowej pt. „*Efekt parzysto-nieparzysty w szeregu homologicznym tiobenzeosanów*” napisaną pod kierunkiem dra hab. Stanisława Wróbla. W tym samym roku został zatrudniony jako asystent a następnie starszy asystent w Katedrze Fizyki Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej. Stopień doktora nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka, specjalności fizyka ciała stałego uzyskał 10 lutego 1996 r. Został on nadany przez Radę Wydziału Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego na podstawie rozprawy pt. „*Badania dielektryczne dynamiki reorientacyjnej molekuł chiralnych i achiralnych w fazach ciekłokrystalicznych*” napisanej pod kierunkiem doc. dra hab. Stanisława Wróbla.

Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat był zatrudniony w Katedrze Fizyki Wydziału Zarządzania i Modelowania Komputerowego Politechniki Świętokrzyskiej na stanowisku adiunkta do roku 2000. Następnie odbył sześćmiesięczny staż naukowy w *Technische Universitaet Darmstadt*, który był finansowany przez Fundację Volkswagen. Po powrocie do Polski ponownie pracował jako adiunkt w Katedrze Matematyki i Fizyki PŚk do 2006. W latach 2006 – 2019 przeszedł na etat starszego wykładowcy a od 2019 r. ponownie jest zatrudniony jako adiunkt w macierzystej Katedrze. Dotychczas nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

2. Ocena osiągnięcia naukowego Kandydata

Habilitant jako osiągnięcie naukowe wskazał cykl powiązanych tematycznie publikacji ujętych pod wspólnym tytułem „*Ocena właściwości powłok jedno i wieloskładnikowych osadzonych metodami natrysku cieplnego badanych technikami indentacji*”. Przedstawiony cykl składa się z 17 artykułów, które zostały opublikowane w latach 2014-2021.

Z powyższego cyklu publikacji 10 zostało zamieszczonych w czasopismach z listy JCR o sumarycznym współczynniku wpływu $IF = 20.766$. Pozostałe siedem to artykuły recenzowane opublikowane w czasopismach nieposiadających IF.

W cyklu publikacji, który Habilitant przedstawił jako osiągnięcie naukowe jedna pozycja stanowi pracę autorską (A15). W pozostałych pracach, które mają charakter zespołowy, udział Kandydata waha się w dość szerokich granicach od 10 do 75%. Habilitant jest w nich pierwszym (4x), drugim (3x), trzecim (5x), czwartym (2x), piątym (1x) i szóstym (1x) autorem. W ośmiu pracach z powyższego cyklu jest autorem korespondencyjnym. W powyższych artykułach rola dra Makrenka była zróżnicowana. Poza podstawowym wykonaniem pomiarów twardości oraz modułu Younga metodą indentacji, był on również współautorem planu eksperymentu, aktywnie uczestniczył w procesie nanoszenia powłok, wykonywał analizy morfologii oraz mikrostruktur, jak również opracowywał analizy statystyczne.

2.1. Charakterystyka osiągnięcia naukowego

Tematyka ocenianego osiągnięcia naukowego opiera się na przedłożonym cyklu artykułów, który dotyczy zastosowania technik nanoindentacji w badaniach właściwości powłok naniesionych wybranymi metodami natryskiwania cieplnego. Habilitant zakłada możliwość oceny oraz opisu jakości naniesionych powłok (w szczególności ich własności mechanicznych) przy pomocy określenia twardości oraz modułu Younga. W tym celu zaproponował nową interpretację istniejących rozwiązań oraz opracował oryginalne rozwiązanie wiążące własności mechaniczne powłok z ich funkcjonalnością. W tym celu przeprowadzone zostały dość szeroko zakrojone badania, które obejmowały:

- różne metody nanoszenia powłoki (natryskiwanie zimnym gazem, natryskiwanie plazmowe, natryskiwanie płomieniowe naddźwiękowe);
- różne materiały powłokowe: jednoskładnikowe metaliczne (nikiel i tytan), oraz wieloskładnikowe, kompozytowe ($Ni-Al_2O_3$), ceramiczne (hydroksyapatyt) oraz cermetalowe ($WC-12Co$, Cr_3C_2-NiCr i Cr_3C_2-NiCr z grafitem);
- analizy statystyczne bazujące głównie na podejściu wg Taguchiego z tabelą ortogonalną.

Analiza artykułów przedłożonych przez Kandydata jako osiągnięcie naukowe

Artykuł A1

Metodą natryskiwania zimnym gazem, CS (ang. cold spray), naniesiono powłoki nikłowe z dwóch rodzajów proszku, które różniły się wielkością i morfologią. W artykule Habilitant wykonał pomiary twardości oraz wyznaczył moduł Younga bazując na technice indentacji i znanej metodologii wg Olivera i Pharra.

Artykuł A2

Powłoki nikłowe osadzono zimnym gazem na podłoża, które zostały przygotowane w różny sposób (obróbka strumieniowo-ścierna). Określono wpływ schropowacenia powierzchni na odporność korozyjną powłok w środowisku NaCl.

Artykuł A3

W pracy określono wpływ jednego z podstawowych parametrów (odległość natryskiwania) oraz rozkładu wielkości cząstek (stosowano dwa proszki) na mikrostrukturę i własności mechaniczne powłok cermetalowych $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-25(Ni20Cr)}$. Przedstawiono wyniki analiz mikrostruktury oraz skład fazowego jak również wyniki twardości i modułu sprężystości powłok.

Artykuł A4

Porównano mikrostrukturę oraz własności mechaniczne powłok naniesionych metodą CS (nikłowa oraz kompozytowa o składzie Ni + 40%wag. Al_2O_3). W pracy raportowano brak wpływu dodatku korundu na wartość twardości oraz istotną różnicę w wartości modułu Younga.

Artykuł A5

Metodą indentacji przetestowano dwie powłoki: tytanową naniesioną metodą CS oraz WC-12Co natryskaną płomieniowo naddźwiękowo, HVOF (ang. high velocity oxy fuel). Uzyskane wyniki z metody klasycznej indentacji porównano do tzw. twardości proporcjonalnej wykorzystującej wzorzec (spieczony SiO_2).

Artykuł A6

Zastosowano optymalizację zmiennych kontrolowanych (wg Taguchiego) do wytwarzania powłok tytanowych metodą natryskiwania zimnym gazem. Przy zastosowaniu tablicy ortogonalnej istotnie zawężono liczbę eksperymentów. Wyznaczono zestaw parametrów pod kątem maksymalizacji twardości oraz modułu sprężystości podłużnej.

Artykuł A7

W pracy przedstawiono możliwości metody natryskiwania zimnym gazem w celu zastosowania jej w technologiach przyrostowych. Wykonane pomiary twardości i modułu Younga wskazały na niewielki rozrzut ich wartości.

Artykuł A8

Jest to artykuł opisujący zastosowanie natryskiwania zimnym gazem jako odmiany technologii przyrostowej w celu regeneracji elementów mających w głównej mierze zastosowanie w przemyśle lotniczym. Wśród przeglądowych wyników oraz przykładów zostały zaprezentowane grube powłoki metaliczne (titanowe) oraz ze stopu Ti-6Al-4V natryskane w zespole Habilitanta.

Artykuł A9

Metodą natryskiwania plazmowego proszkowego, APS (ang. atmospheric plasma spraying) naniesiono powłoki $\text{Al}_2\text{O}_3+13\%\text{wag. TiO}_2$ o różnej wielkości ziaren (mikrometrycznej i nanometrycznej). Porównano je pod kątem mikrostruktury, składu fazowego, naprężeń szczątkowych, konwencjonalnej mikrotwardości Vickersa oraz własności tribologicznych.

Artykuł A10

Powłoki $\text{Al}_2\text{O}_3+13\%\text{wag. TiO}_2$ (zarówno na bazie proszku mikrometrycznego jak i nanometrycznego) oraz powłoki $\text{Al}_2\text{O}_3+3\%\text{wag. TiO}_2$ (tylko mikrometryczne) wytworzono metodą natryskiwania APS. Porównano je pod kątem twardości (metodą Vickersa oraz indentacji) określono również wartości modułu Younga.

Artykuł A11

Metodą natryskiwania plazmowego naniesiono powłoki z proszku hydroksyapatytu. Dokonano wcześniej analizy materiału powłokowego a następnie wykonano serię pomiarów twardości i modułu Younga z wykorzystaniem techniki indentacji.

Artykuł A12

Powłoki cermetalowe WC-12Co (na bazie proszku mikrometrycznego oraz nanometrycznego) natryskano metodą HVOF oraz porównano pod kątem mikrostruktury, składu fazowego, własności mechanicznych oraz odporności korozyjnej. Wyniki badań wykazały, że zarówno twardość jak i moduł Younga charakteryzowały się większymi wartościami w przypadku powłoki konwencjonalnej. Z drugiej strony lepszą odpornością korozyjną wykazała się powłoka nanostrukturalna.

Artykuł A13

Porównano własności tribologiczne (ściśle rzecz ujmując jedynie wartości współczynników tarcia) kompozytowych powłok natryskanych metodą HVOF z układu WC-12Co + Fe₃O₄ dla proszków o wielkości mikrometrycznej i nanometrycznej. W przypadku powłoki o strukturze nanometrycznej zaobserwowano wyraźne obniżenie wartości współczynnika tarcia.

Artykuł A14

Metodą natryskiwania zimnym gazem naniesiono powłoki cermetalowe Cr₃C₂-25(Ni20Cr) ze stałym środkiem smarnym (Ni25C) a następnie poddano je laserowej obróbce powierzchniowej. Zaobserwowano zagęszczenie struktury jak również powstanie nowych faz. W efekcie nastąpił znaczny wzrost twardości oraz modułu Younga powłok modyfikowanych, w porównaniu do stanu po natryskiwaniu.

Artykuł A15

W artykule zaprezentowano metodykę statystycznego doboru parametrów procesu natryskiwania zimnym gazem dla dwóch różnych typów powłok (jedno- oraz wieloskładnikowej). Habilitant wprowadził tutaj cztery parametry wejściowe

oraz dwa wyjściowe (twardość i moduł Younga). Na podstawie analizy statystycznej zaproponowano modyfikację parametrów natryskiwania i uzyskano wzrost twardości i modułu Younga dla obu rodzajów powłok. Należy podkreślić, że jest to artykuł autorski Kandydata.

Artykuł A16

Podstawowym celem badań wykonanych w artykule lub działań wykonanych była optymalizacja własności mechanicznych (twardości Vickersa) oraz tribologicznych (współczynnik tarcia) powłok cermetalowych $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-Ni20Cr}$ z grafitem. Przeprowadzono ją wg metody Taguchiego. W zmodyfikowanych powłokach uzyskano poprawę twardości oraz obniżenie wartości współczynnika tarcia.

Artykuł A17

Badano wpływ odległości natryskiwania na wydajność procesu oraz własności mechaniczne (twardość instrumentalna oraz moduł Younga) powłok Ti natrykiwanych zimnym gazem. Wykonano analizę numeryczną oraz badania eksperymentalne, które potwierdziły wyniki symulacji. Wytypowano optymalną odległość natryskiwania ze względu na najwyższą wartość twardości i modułu Younga oraz minimalnej porowatości.

2.2. Podsumowanie osiągnięcia naukowego oraz jego krytyczna analiza

Przedstawione powyżej artykuły stanowią cykl powiązanych tematycznie publikacji. Kandydat wykazał, że zajmował się różnymi technologiami natryskiwania cieplnego zarówno powłok jedno- jak i wieloskładnikowych. W większości z nich wkład Habilitanta polegał na wykonaniu pomiarów twardości metodą instrumentalnej indentacji oraz wyznaczenia wartości modułu Younga otrzymanych powłok. W wielu pracach był również współautorem planu eksperymentu oraz analizy morfologii proszków, mikrostruktur powłok jak również wykonania samych powłok. Do najważniejszych szczegółowych osiągnięć Kandydata z pewnością mogą zaliczyć następujące kwestie:

1. W artykule A3 uzyskane wyniki pomiarów metodą instrumentalnej indentacji zostały właściwie omówione i przedyskutowane, zarówno pod kątem rodzaju proszku, jak i wpływu odległości natryskiwania.

2. W artykule A6 zastosowanie planowania eksperymentu oraz jego optymalizacja wg metody Taguchiego pozwoliło znacznie zredukować liczbę koniecznych eksperymentów. Ponadto kierując się wskazaniem S/N i kryterium optymalizacji pod kątem maksymalnej wartości twardości oraz modułu Younga, uzyskano zestaw parametrów procesu, który odpowiadał tym założeniom.
3. Artykuł A15 stanowi własny wkład Kandydata w rozwój dyscypliny. Jego najmocniejszą stroną jest udowodnienie, że zaproponowana metodologia potwierdziła się w przypadku istotnie różnych powłok natryskanych zimnym gazem (jednoskładnikowa tytanowa oraz wieloskładnikowa cermetowa z dodatkiem grafitu).
4. Artykuł A17 stanowi bardzo ciekawą pracę (analiza numeryczna oraz weryfikacja eksperymentalna), w której dokonano szeregu badań. Szczególnie dobrze rozwinięta jest w tej pracy dyskusja otrzymanych wyników.

Niemniej jednak analiza przedłożonego dorobku każe zwrócić uwagę na pewne kwestie, które przedstawiono poniżej:

1. W artykule A1 Kandydat wykonał standardowe pomiary indentacyjne wg metodologii zaproponowanej przez Olivera i Pharra (por. W.C. Oliver and G.M. Pharr, *An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments*, Journal of Materials Research 7, **1992**, 1564-1583). Powłoki oceniono porównawczo, wskazując jedynie na różnice w wartościach twardości i modułu Younga.
2. W artykule A2 pomimo wielu badań i ciekawych wyników nie zauważono wyników badań własności mechanicznych, w szczególności z zastosowaniem techniki indentacji. W związku z powyższym dyskusyjnie jest włączenie tej publikacji do cyklu. Ponadto zauważono, że zdjęcia powłok wykonane na przekroju poprzecznym z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej, SEM, (rys. 5 w A2) wskazują na znacznie mniejszą grubość niż określona w tekście artykułu przez Autorów (podany zakres grubości od 1850 do 1920 μm – str. 1726 A2).

3. W artykule A4 zaprezentowano tylko porównanie wyników instrumentalnej indentacji bez podania wyjaśnienia mechanizmu powodującego wystąpienie takich różnic.
4. Artykuł A8 ma charakter przeglądowy i opisuje możliwości wynikające z zastosowania metody natryskiwania zimnym gazem w celu zastosowania jej jako technologii przyrostowej. Umieszczenie tej pozycji w wykazie prac będących osiągnięciem naukowym jest wysoce dyskusyjne ze względu na to, że brak tam własnych wyników Habilitanta (co więcej, nawet w bibliografii artykułu A8 nie ma ani jednej pozycji, której był on współautorem).
5. W artykule A9 elementem nowości może być zastosowanie nanostrukturalnego proszku Al_2O_3 -13%wag, TiO_2 do wykonania powłok metodą natryskiwania plazmowego (APS). Wykonano konwencjonalne pomiary twardości (metodą Vickersa), z których wynikało, że powłoki na bazie proszku mikrometrycznego wykazują niewiele wyższą mikrotwardość od tych nanostrukturalnych. Ponadto pewnie zdziwienie budzi fakt, że własności tribologiczne powłok zostały ograniczone tylko do podania wartości współczynnika tarcia pomiędzy materiałem powłokowym a przeciwpróbką. Celowym było by porównanie współczynników intensywności zużycia oraz analiza mechanizmów zużycia na śladach wytarcia.
6. W artykule A10 Habilitant prawdopodobnie podjął pierwszą próbę oceny jakości powłok za pomocą technik indentacji (wskazuje na to rok publikacji, 2014). Jednak odnalezienie w powyższej pracy elementów nowości lub zagadnień wpływających na rozwój dyscypliny jest mocno utrudnione.
7. W artykule A11 zmieniono materiał powłokowy. Tym razem był to hydroksyapatyt, który został natryskany plazmowo (w formie zawiesiny) na podłoża tytanowe. Nasuwa się tutaj kilka wątpliwości: (i) dlaczego zastosowano zawiesinę jako formę materiału dodatkowego? Wielkość cząstek proszku (d_{50} ok. 20 μm) daje możliwość natryskania metodą APS; (ii) dlaczego wartości twardości oraz modułu Younga są takie niskie? Dostępna literatura przedmiotu wskazuje na znacznie wyższe wartości (szczególnie w przypadku modułu sprężystości). Ponadto na str. 658 (w A11) zauważono, że Autorzy użyli sformułowania „natrysk płomieniowy” podczas, gdy powłoki te

były osadzane metodą natrysku plazmowego. Na tej samej stronie został zamieszczony również dyfraktogram, który podpisano jako „*Dyfraktogram XRD dla hydroksyapatytu*” bez wskazania, czy chodzi o materiał dodatkowy (proszek), czy już wytworzoną powłokę. Należy podkreślić, że dostrzeżone błędy obciążają recenzentów artykułu A11.

8. W artykule A12 doszło do kolejnej zmiany zarówno metody natryskiwania (było to tym razem natryskiwanie płomieniowe naddźwiękowe, HVOF) oraz materiału powłokowego (tym razem na cermetaliczny WC-12Co). Podobnie jak we wcześniejszych publikacjach, metoda indentacji została tutaj zastosowana jako narzędzie pomiarowe bez podania wyjaśnienia dlaczego wartości twardości oraz modułu Younga różniły się dla powłok uzyskanych na bazie proszków o różnej wielkości. Należy podkreślić, że proszek WC-12Co jest jednym z podstawowych materiałów, które nanosi się metodą HVOF, zatem w literaturze przedmiotu dostępnych jest wiele opracowań dotyczących tego tematu.
9. W artykule A13 osadzone powłoki nie zostały przebadane pod kątem ich własności mechanicznych, co budzi znaczne wątpliwości do tego, czy ta praca powinna zostać dołączona do niniejszego cyklu zaprezentowanego przez Habilitanta. Ponadto, podobnie jak w artykule A9 własności tribologiczne powłok zostały ograniczone do porównania wartości współczynników tarcia (powłoki konwencjonalne oraz nanostrukturalne).
10. W artykule A16 zabrakło analizy uzyskanych powłok techniką indentacji (w opisie pojawia się twardościomierz instrumentalny, jednak jako miarę twardości Autorzy wskazali jednostki Vickersa i to przy znacznie wyższym obciążeniu, niż dla nanoindentacji. Ponadto nie podano wartości instrumentalnego modułu Younga).
11. Zgodnie z obowiązującymi przepisami w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, do cyklu publikacji zgłoszonych jako osiągnięcie naukowe mogą zostać włączone artykuły z wykazu ogłoszonego komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 25 stycznia 2017 r. z części B, pod warunkiem, że przyznane miały co najmniej 10 punktów (por. D.P. Kała, *Ogólne przesłanki nadania stopnia doktora habilitowanego*, *Ruch Prawniczy*,

Ekonomiczny i Socjologiczny, vol. LXXXIII, nr 1, 2021, 229-242). W związku z powyższym artykuły **A5** oraz **A7** (oba opublikowane w czasopiśmie Przegląd Spawalnictwa – Welding Technology Review: wg MNiSW = **9 pkt.**) nie powinny być uwzględnione w przedłożonym cyklu publikacji.

Ponadto, w przedłożonym przez Kandydata autoreferacie zwrócono uwagę na poniższe zagadnienia, które również budzą pewne zastrzeżenia:

1. W opisie artykułu A1 Habilitant określił wartość prędkości narastania obciążenia wgłębnika jako 50 mN/min, podczas gdy w artykule A1 ta wartość jest inna i wynosi 80 mN/min.
2. W opisie artykułu A2 Habilitant dodał informację o jednorodności twardości oraz modułu Younga, podczas gdy w pracy tej nie przedstawiono żadnych wyników indentacji a nawet żadnych wyników własności mechanicznych (poza wartościami naprężeń resztkowych).
3. W opisie artykułu A9 pojawia się proszek Al_2O_3 -3%wag. TiO_2 , który nie był stosowany w tej pracy. Ponadto Kandydat podaje dwa różne zakresy grubości natryskanych powłok, z których tylko jeden odpowiada treści artykułu.
4. Zasadniczo wartości siły maksymalnej oraz prędkości narastania i zdejmowania obciążenia wg Kandydata (autoreferat, str. 12) miały być stałe dla wszystkich powłok (odpowiednio $F_m = 20$ mN oraz $v_L = 50$ mN/min). Analiza przedstawionych artykułów wykazała, że wartości te były różne i to w dość szerokim zakresie (np. siła F_m wynosiła od 5 mN do nawet 80 mN).

Podsumowanie powyższej analizy przeprowadzono w odniesieniu do listy punktów z autoreferatu Kandydata (str. 39-41).

Ad. 1., ad. 2. Wskazane jako oryginalne podejście Habilitanta zostało już, w formie bardzo zbliżonej, przedstawione przez Li i Bradta (por. H. Li and R.C. Bradt, *The microhardness indentation load/size effect in rutile and cassiterite single crystals*, Journal of Materials Science, 28, **1993**, 917-926). Układ osi jest inny: $P/d(d)$, jednak w odniesieniu do matematycznej interpretacji sens pozostaje taki sam (z krzywej parabolicznej uzyskano prostą – odcinek, którego współczynnik kierunkowy jest wartością twardości materiału). Podobna metodologia, bazująca m.in. na oryginalnej pracy autorstwa Li i Bradta, została użyta w pracy: D. Chicot,

H. Ageorges, M. Voda, G. Louis, M.A. Ben Dahia, C.C. Palacio, S. Kossman, *Hardness of thermal sprayed coatings: Relevance of the scale of measurements*, Surface and Coatings Technology, 268, **2015**, 173-179.

Ad. 3. Pomiar nanotwardości oraz instrumentalnego modułu Younga na pewnej powierzchni to, jak słusznie zauważa sam Habilitant, efekt rozwoju urządzeń pomiarowych i badawczych. Owszem, analiza otrzymanych wyników stanowi zagadnienie naukowe, jednak sama technika pomiarowa już nie.

Ad. 4. Wartość pracy odkształcenia plastycznego oraz sprężystego jest podawana w systemowym pliku z danymi. Wprowadzony przez Kandydata tzw. współczynnik reakcyjności nie był opisany w żadnym z artykułów przedłożonych jako osiągnięcie naukowe.

Ad. 5. Fundamentalną kwestią jest brak publikacji wyników, o których Habilitant tutaj wspomina. Przedstawienie wyników oraz dodanie pewnych hipotez, obliczeń o weryfikacji z pewnością przyczyniłby się do wpływu osiągnięcia na dyscyplinę naukową.

Ad. 6, ad. 7. Analizy statystyczne wykonane metodą Taguchiego oraz plan dwupoziomowy stanowią jedną z mocniejszych stron osiągnięcia naukowego przedstawionego przez Kandydata.

Ad. 8. Różnice w wartościach nanotwardości (oraz modułu Younga) badanych powłok są oczywiste, gdyż wynikają z różnego składu chemicznego proszków stanowiących materiał dodatkowy.

Ad. 9. Stwierdzenie zbyt ogólne, nie dla każdego składu chemicznego proszku występował on w odmianie o budowie nieregularnej oraz sferycznej. Ponadto dla hydroksypatytu w analizowanym cyklu publikacji występował tylko jeden rodzaj proszku, zatem trudno jest wnioskować o wpływie wielkości ziaren lub ich kształtu na wartość nanotwardości i modułu Younga.

Ad. 10. Wnioski zawarte w tym punkcie, przynajmniej w odniesieniu do stopu tytanu Ti-6Al-4V nie są poparte badaniami własnymi Habilitanta (bazując na cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe).

Ad. 11. Jest to wniosek typowo utylitarny, bardzo słuszny w odniesieniu do merytoryki (minimalizacja porowatości w kontekście poprawy odporności korozyjnej). Jednak pojawiają się trudności w odnalezieniu w przedłożonym cyklu publikacji

zbiorczych wyników dla powłok niklowych i tytanowych obejmujących całościowo nanotwardość, moduł Younga oraz odporność korozyjną.

Ad. 12. Jest to wniosek utylitarny, a wręcz można by go sklasyfikować jako rozwiązanie problemu inżynierskiego, szczególnie, że nie ma w nim mowy o żadnych badaniach tej przyrostowej struktury.

2.3. Wpływ osiągnięcia naukowego na dyscyplinę naukową

Ocena jakości powłok deponowanych metodami natryskiwania cieplnego, ze szczególnym uwzględnieniem ich własności mechanicznych, jest zagadnieniem bardzo szeroko poruszonym przez badaczy zajmujących się tą dziedziną nauk inżynieryjno-technicznych. W przedstawionym osiągnięciu naukowym Kandydat podszedł do zagadnienia zbyt szeroko (zarówno z punktu widzenia ilości metod nanoszenia powłok, jak i wielości materiałów powłokowych), co niestety nie pozwoliło na pogłębione analizy. Same własności mechaniczne (szczególnie uzyskiwane w technice nanoindentacji) nie opisują w pełni bardzo złożonych struktur, jakimi są powłoki nanoszone metodami natrysku cieplnego. Konieczna jest analiza mikrostrukturalna oraz fazowa zarówno wyjściowego proszku jak i samej powłoki. Metody badawcze, które Habilitant stosował w swoich pracach są ogólnie znane w środowisku osób zajmujących się tymi naukowymi zagadnieniami. W moim odczuciu zaproponowany przez Kandydata wskaźnik reakcyjności oraz wskaźnik relaksacji mogłyby być faktycznie jego oryginalnym wkładem w dyscyplinę naukową. Niestety z przykrością stwierdzam, że takich analiz czy stawiania hipotez lub prób określania mechanizmów, w których pewną rolę odgrywałyby powyższe współczynniki, nie odnalazłem w cyklu artykułów, które Habilitant przedłożył jako swoje oryginalne osiągnięcie naukowe.

Kandydat w moim odczuciu nie wykorzystał w pełni szansy wprowadzenia do światowej literatury przedmiotu własnej oryginalnej koncepcji, która jednak musiałaby być poddana weryfikacji i przedyskutowana w co najmniej kilku publikacjach oraz podczas tematycznych konferencji poświęconych natryskiwaniu cieplnemu (np. International Thermal Spray Conference, ITSC).

2.4. Ocena pozostałego dorobku naukowego

Poza publikacjami wskazanymi jako osiągnięcie naukowe Habilitant jest współautorem 1 rozdziału w monografii naukowej oraz 22 artykułów w recenzowanych czasopismach naukowych oraz materiałach konferencyjnych (konferencje o zasięgu międzynarodowym). Pewien niedosyt budzi brak pracy monoautor-skiej.

Wspólne, liczne publikacje z autorami z różnych krajowych ośrodków badawczo-naukowych: Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. A. Krupowskiego PAN w Krakowie, Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, Politechniki Warszawskiej oraz Politechniki Białostockiej, świadczą o dużej aktywności naukowej Kandydata realizowanej we współpracy z więcej niż jedną uczelnią lub instytucją naukową.

Zgodnie z danymi zamieszczonymi w dokumentacji habilitacyjnej indeks Hirscha Kandydata wg bazy Web of Science wynosi 5, natomiast liczba cytowań: 53 (bez autocytowań: 51).

Pewnym niedostatkiem jest wykazana w dorobku naukowym tylko jedna recenzja artykułu naukowego wykonana przez Habilitanta.

Dr Medard Makrenek brał udział 3 konferencjach naukowych (dwie z nich miały zakres międzynarodowy). Był również Przewodniczącym komitetu organizacyjnego dwóch konferencji na Wydziale Zarządzania i Modelowania Komputerowego (2009 i 2011).

Habilitant nie kierował zespołem badawczym realizującym projekt finansowany na drodze konkursu. Był jednak zaangażowany jako główny wykonawca (ze strony Politechniki Świętokrzyskiej) w projekcie pt. „*Badania technologii przyrostowych i procesów hybrydyzacji obróbki dla potrzeb rozwoju innowacyjnej produkcji lotniczej*” (INNOLOT/1/6/NCBR/2013) oraz jako wykonawca w projekcie pt. „*Kształtowanie obróbką laserową natryskanych zimnym gazem powłok cermetalowych zawierających smar stały*” (2017/25/B/ST8/02228). Brał również udział w projekcie MOLAB – pt. „*Rozwój bazy badawczej specjalistycznych laboratoriów uczelni publicznych regionu świętokrzyskiego*”. Ponadto był współautorem projektu „*ANBACO Antibacterial Coatings*”, zgłoszonego do konkursu M-ERA.NET 2018, który jednak nie uzyskał finansowania.

Obecnie Kandydat pełni funkcję promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich:

- mgr inż. Jarosława Siennickiego (od 2019 r.)
- mgr inż. Dominiki Soboń (od 2020 r.)

Habilitant odbył kilka staży w różnych instytucjach naukowych i badawczych:

- dwa miesięczne staże w Uppsala University (1997 i 1998);
- dwa staże w University of Dramstadt (półroczny na przełomie 2000/2001 oraz dwumiesięczny w 2001).

Ponadto w latach 1996-2000 aktywnie współpracował z Katedrą Fizyki Ciąła Stałego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Jest jedynym autorem zgłoszenia patentowego, pt. „*Modyfikowany proszek hydroksyapatytowy (HAp), stosowany zwłaszcza w implantologii*” (nr zgłoszenia P.435767).

Kandydat w roku 1996 otrzymał nagrodę zespołową II-go stopnia, oraz rokrocznie w latach 2018-2021 trzy zespołowe nagrody Rektora: II-go stopnia oraz jedną I-go, w uznaniu jego wyróżniającej się działalności naukowej.

Podsumowując, pozostały dorobek naukowy (nieujęty jako osiągnięcie naukowe) Kandydata oceniam jako dobry.

3. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej Kandydata

W obszarze działalności dydaktycznej Habilitant prowadzi wiele różnych zajęć na zróżnicowanych kierunkach studiów (Budownictwo i Architektura, Inżynieria Środowiska, Geodezja i Kartografia, Odnawialne Źródła Energii, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji). Zajęcia obejmują wykłady oraz ćwiczenia z fizyki, fizyki stosowanej w geomatyce, fizyki środowiska, podstawy nauki o materiałach, mechaniki płynów i wymiany ciepła oraz wykład i laboratorium z miernictwa elektrycznego wielkości nieelektrycznych. Ponadto jest członkiem zespołu opracowującego program nowego kierunku studiów (Inżynieria Biomedyczna), zor-

ganizował dydaktyczne laboratorium z podstaw miernictwa elektrycznego oraz jest współautorem kierunku studiów Edukacja Techniczno Informatyczna.

Dr Medard Makrenek pełnił funkcję opiekuna (promotora) 50 prac inżynierskich oraz 21 prac magisterskich.

W ramach działalności popularyzującej naukę Kandydat ma znaczne osiągnięcia. Należą do nich m.in.:

- pełnienie funkcji kierownika projektu pt. *„Matematyka i fizyka w klasach maturalnych 2008-2009”*;
- pełnienie funkcji kierownika projektu pt. *„W drodze do kariery z Politechniką Świętokrzyską szanse na lepszą przyszłość uczniów szkół ponadgimnazjalnych”*, który wspierał kompetencje z matematyki i fizyki;
- prowadzenie serii wykładów popularyzujących fizykę w Liceum Akademickim Korpusu Kadetów;
- prowadzenie wykładów dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych promujących technikę i uczelnie techniczne.

W obszarze działalności organizacyjnej Habilitant wykazywał znaczną aktywność. Pełnił następujące funkcje (w latach 2008-2012):

- Prodziekan Wydziału Zarządzania i Modelowania Komputerowego;
- Członek Senackiej Komisji ds. Dydaktyki i Studentów;
- Członek Rady Wydziału Zarządzania i Modelowania Komputerowego;
- Członek Wydziałowej Komisji ds. Dydaktycznych;
- Członek Senackiej Komisji Dydaktyki i Spraw Studenckich.

Ponadto obecnie pełni następujące funkcje:

- Kierownik Laboratorium Kalorymetrii (od 2012)
- Kierownik laboratorium dydaktycznego fizyki (od 2016).

Za działalność organizacyjną i dydaktyczną w latach 2009-2013 otrzymał zespołową nagrodę Rektora II-go stopnia. Został również uhonorowany Medalem Edukacji Narodowej w 2011 r.

Podsumowując, działalność dydaktyczno-organizacyjną dra Medarda Makrenka oceniam bardzo wysoko.

4. Ocena współpracy Kandydata z sektorem gospodarczym

Dr Medard Makrenek współpracuje z sektorem gospodarczym oraz aktywnie szuka nowych możliwości na taką współpracę. Potwierdzeniem tej działalności są następujące fakty:

- pełnił funkcję kierownika projektu pt. „*INWENCJA II – Transfer wiedzy, technologii i innowacji wsparciem dla kluczowych specjalizacji świętokrzyskiej gospodarki i konkurencyjności przedsiębiorstw*” w latach 2011 i 2012;
- prowadził liczne konsultacje dotyczące regeneracji lub wytwarzania powłok metodą natryskiwania zimnym gazem m.in. z przedstawicielami przemysłu metalowego, firmami z branży maszynowej i odlewniczej;
- prowadził konsultacje w sprawie możliwości zastosowania metody natryskiwania zimnym gazem do pokrycia tytanem kaniuli sztucznego serca;
- prowadził również konsultacje z Instytutem Mechaniki Precyzyjnej pod kątem modyfikacji elektrod plazmotronów.

Podsumowując, współpracę Kandydata z sektorem gospodarczym oceniam wysoko.

5. Wniosek końcowy

W przedłożonym cyklu publikacji, zgłoszonym przez dra Medarda Makrenka jako osiągnięcie naukowe zauważyć można będące na wysokim poziomie umiejętności badawcze Kandydata, jak również wykonywania zróżnicowanych analiz oraz redagowania artykułów naukowych. Aktywność naukowa Habilitanta jest na dobrym poziomie, jest On również rozpoznawalnym badaczem w środowisku osób zajmujących się technologiami natryskiwania cieplnego. Zatem z tym większą przykrością stwierdzam, że dotychczasowe osiągnięcia naukowe dra Makrenka nie stanowią znacznego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

Habilitant nie spełnił zatem wszystkich wymagań, jakie zostały sformułowane przez Ustawodawcę w Prawie o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lip-

ca 2018 r. [Dz. Ustaw 2021.478] w stosunku do kandydatów ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych.

Biorąc pod uwagę powyższą recenzję, zawarte w niej wnioski oraz obowiązujący stan prawny, **nie popieram** wniosku dra Medarda Makrenka o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.



dr hab. inż. Leszek Łatka, prof. PWr