

Prof. dr hab. inż. Piotr Kula
ul. Borówkowa 24
91-496 Łódź
Politechnika Łódzka
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Materiałowej

Łódź, dnia 6 maja 2022 r.

Recenzja

w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
dr Medardowi Makrenkowi

1. Uwagi formalne

Niniejszą opinię opracowałem w wyniku powołania mnie przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej uchwałą z dnia 10.03.2022 roku na recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauki inżynierijno-techniczne w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, wszczętym na wniosek Pana dra Medarda Makrenka. Podstawę opinii stanowił zbiór dokumentów zawierający autoreferat wraz z kompletem załączników niezbędnych z formalnego i merytorycznego punktu widzenia. Jako osiągnięcie stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, wynikające z art.219 ust.1 pkt.2 lit b), ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478), Habilitant przedłożył do oceny cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod tytułem „*Ocena właściwości powłok jedno i wieloskładnikowych osadzonych metodami natrysku cieplnego badanych technikami indentacji*”.

2. Charakterystyka kariery naukowej i zawodowej Habilitanta

Dr Medard Makrenek jest absolwentem Wydziału Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. W roku 1989 ukończył studia magisterskie na kierunku fizyka broniąc rozprawę pt.: „*Efekt parzysto-nieparzysty w szeregu homologicznym tiobenzeosanów*”. Stopień naukowy doktora nauk fizycznych uzyskał Habilitant również w Uniwersytecie Jagiellońskim

w roku 1996 broniąc przed radą Wydziału Matematyki i Fizyki rozprawę pt.: „*Badania dielektryczne dynamiki reorientacyjnej molekuł chiralnych i achiralnych w fazach ciekłokrystalicznych*”. W ten sposób spełniony został formalny wymóg ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego, ujęty w art. 219 ust.1 pkt.1 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Habilitant od początku swej kariery zawodowej jest zatrudniony w Politechnice Świętokrzyskiej, początkowo w latach 1989-1995 na stanowiskach asystenta i starszego asystenta a następnie w latach 1996-2000 adiunkta w Katedrze Fizyki na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn. Na przełomie lat 2000/2001 dr Medard Makrenek odbył pięciomiesięczny staż naukowy w Uniwersytecie Technicznym w Darmstadt, finansowany przez Fundację Volkswagena. Po reorganizacji Politechniki Świętokrzyskiej Habilitant zatrudniony jest w Katedrze Matematyki i Fizyki Wydziału Zarządzania i Modelowania Komputerowego, wpierw w latach 2001-2006 na stanowisku adiunkta, następnie zaś na stanowiskach dydaktycznych starszego wykładowcy (2006-2019) i adiunkta dydaktycznego (od 2019). Swe umiejętności i kompetencje Habilitant doskonalił w poprzez uczestniczenie w kursach i szkoleniach, między innymi w kursie dla dziekanów i prodziekanów z zakresu organizacji prac wydziału w świetle ustawy o szkolnictwie wyższym (2009), kursie przygotowania projektów w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego (2005 i 2013), kursie języka R dla potrzeb analiz statystycznych – w ramach projektu z programu POWER, oraz kursach językowych – języka rosyjskiego i angielskiego.

Dorobek publikacyjny dr Medarda Makrenka obejmuje ogółem 54 artykuły w czasopismach z listy JCR, w tym 46 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Dorobek ten został zatem znacząco powiększony po ostatnim awansie naukowym Habilitanta, przy czym większość prac ukazała się w okresie ostatnich pięciu lat. W tym niezbyt długim okresie prace naukowe Habilitanta wg bazy Web of Science cytowane były 53 razy, w tym 51 razy z wyłączeniem autocytowań, co przekłada się na indeks Hirsha 5. W latach 2017-2021 publikacje dr Medarda Makrenka uzyskały łącznie 626,5 punktów zgodnie z ministerialnymi wykazami czasopism naukowych, zaś sumaryczny ich Impact Factor wyniósł 20,766. Oceniam, że wskaźniki bibliometryczne dorobku publikacyjnego dr Medarda Makrenka w stopniu dostatecznym spełniają zwyczajowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna.

W działalności naukowej dr Medarda Makrenka można wyodrębnić dwa okresy i obszary tematyczne aktywności. Pierwszy z nich to obszar fizyki materiałów ciekłokrystalicznych realizowany we współpracy z Wydziałem Matematyki i Fizyki

Uniwersytetu Jagiellońskiego, uwieńczony uzyskaniem stopnia doktora nauk fizycznych w roku 1996. Tematykę tego obszaru Habilitant kontynuował w latach 1996-2001 uczestnicząc w międzynarodowym zespole badawczym koordynowanym przez Uniwersytet Jagielloński i Uniwersytet Techniczny w Darmstadt, prowadzącym badania w zakresie wykorzystania miękkich, ciekłych kryształów w wyświetlaczach LCD pojazdów samochodowych. W ramach realizacji tej tematyki odbył również dwa miesięczne pobyty stażowe w Laboratorium Badań Dielektrycznych Uniwersytetu w Uppsali. Drugi obszar aktywności naukowej, przesunięty w czasie o ok. 13 lat z uwagi na wyłącznie dydaktyczną i organizacyjną aktywność zawodową Habilitanta, to zagadnienia inżynierii powierzchni w ujęciu technologicznym, koncentrujące się na doskonaleniu procesów natrysku cieplnego warstw wierzchnich. Tematyka tego zakresu jest klasyfikowana w obszarze inżynierii produkcji, stanowiącej ważny segment dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Badania w tym zakresie Habilitant prowadził we współpracy konsorcyjnej z Instytutem Inżynierii Materiałowej i Metalurgii PAN w Krakowie oraz Polskimi Zakładami Lotniczymi Sp z o.o. PZL Mielec. Efektem tej współpracy jest monotematyczny zbiór wartościowych publikacji, w tym również o zasięgu międzynarodowym, a wśród współautorów można odnotować również afiliacje między innymi Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie, Uniwersytetu Śląskiego, Politechniki Białostockiej, Politechniki Warszawskiej, czy też partnera przemysłowego – firmy „Estimate” z Krakowa. Fakty te dowodzą udokumentowanej współpracy Habilitanta z krajowymi i międzynarodowymi instytucjami naukowo – badawczymi i gospodarczymi. Stwierdzam zatem, że ten sposób spełniony jest wymóg art. 219 ust.1 pkt.3 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

3. Ocena wskazanego osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, Habilitant przedłożył do oceny cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod tytułem „*Ocena właściwości powłok jedno i wieloskładnikowych osadzonych metodami natrysku cieplnego badanych technikami indentacji*”. Cykl ten zawiera jedną publikację autorską oraz 16 prac współautorskich.

Dziewięć z przedstawionych do oceny pozycji to artykuły w czasopismach naukowych o zasięgu światowym takie jak: *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering (1)*, *Medycyna Pracy (1)*, *Journal of Materials Engineering and Performance (1)*,

International Journal of Materials Research (1), Materials (2), Communications – Scientific Letters of the University of Žilina (1) oraz *Surface and Coatings Technology (1)*. Wymienione czasopisma w roku opublikowania przez Habilitanta artykułów stanowiących oceniany zbiór były ujęte w aktualnie obowiązującym wykazie czasopism punktowanych – lista „A”. Pozostałe 8 publikacji, wchodzących w skład zbioru monotematycznego ukazało się w czasopismach z listy „B” ministerialnego wykazu czasopism punktowanych tj. w *Tribologia (2), Logistyka (1), Technical Transactions. Mechatronics (1), Mechanik (1), Welding Technology (1)* oraz *Przegląd Spawalnictwa (1)*. W ten sposób spełniony został w sposób formalny wymóg art.219 ust.1 pkt.2 lit b) ustawy. Według deklaracji Habilitanta jego wkład w pracach zespołowych został wyodrębniony zarówno merytorycznie jak i ilościowo. Zawiera się on w przedziale od 10% do 75% (średnio 32%) i choć ilościowo nie jest dominujący, to dotyczy między innymi tak ważnych zagadnień jak: przygotowanie i planowanie eksperymentu, udział w nakładaniu powłok, prowadzenie badań nanoindentacyjnych, analizy wyników badań, przygotowania manuskryptu bądź też koncepcji oraz edycji tekstu. Jest to w mojej ocenie merytorycznie wyodrębniony indywidualny, istotny wkład dr Medarda Makrenka w opracowania zespołowe. Spełniony jest zatem również wymóg art.219 ust.2 ustawy.

Pod względem merytorycznym jest to zbiór spójny tematycznie. Wszystkie publikacje dotyczą szerokiego spektrum tematyki wytwarzania powłok funkcjonalnych, nanoszonych metodami natryskiwania cieplnego, a w szczególności technikami natrysku zimnym gazem, natrysku plazmowego oraz naddźwiękowego natrysku cieplnego HVOF. W publikacjach jasno zadeklarowana została przyszła funkcjonalność nanoszonych powłok w aplikacjach tribologicznych, antykorozyjnych, biomedycznych a także ich przydatność w technologiach regeneracji i pozostałych technologiach przyrostowych, między innymi dla potrzeb przemysłu lotniczego. Tematyka ta wpisuje się zatem w paradygmat dziedziny „nauki inżynierijno – techniczne”.

Techniki natryskiwania cieplnego są złożonymi procesami wieloparametrycznymi o silnej interakcji poszczególnych parametrów wejściowych. Stąd też, opracowanie technologii pod kątem uzyskania wysokich parametrów strukturalnych i wytrzymałościowych wymaga stworzenia dostatecznie obszernej bazy wyników eksperymentalnych oraz poprawnej ich interpretacji. Materiałami powłokowymi badanymi przez Habilitanta były metale (Ni, Ti), stopy metali (TiAl6V4), proszki ceramiczne – węglików i tlenków metali, hydroksyapatyt oraz komercyjne mieszanki proszków dla wytwarzania kompozytowych powłok ceramicznych i metaloceramicznych. Habilitant analizował także wpływ rozmiaru i morfologii wykorzystywanych proszków na właściwości, strukturę i morfologię wytwarzanych warstw.

Dla każdego z materiałów powłokowych poprawnie dobrana została technika natrysku – natrysk zimnym gazem dla metali i kompozytów metaloceramicznych oraz wysokoenergetyczne metody natrysku plazmowego lub HVOF dla wysokotopliwych materiałów ceramicznych. Zmiennymi (regulowanymi) parametrami urządzeń natryskowych były z kolei, rodzaj gazu nośnego, jego temperatura i prędkość, ciśnienie oraz odległość źródła natrysku od powierzchni. Habilitant poprawnie założył, że dla opracowania najlepszej receptury technologicznej wymagane jest dla każdego przypadku profesjonalnego zaplanowanie wieloparametrycznego eksperymentu, prawidłowe zdefiniowanie funkcji celu oraz wykorzystanie metod statystycznych dla jej optymalizacji. Oceniam, że takie podejście jest właściwe i wpisuje się w metodologię badawczą obszaru specjalności „inżynieria produkcji”.

Planując eksperymenty Habilitant zdecydował się wykorzystać statystyczną metodę analizy wyników G. Taguchiego, wstępnie weryfikując jej wyniki z otrzymanymi w eksperymencie zaplanowanym dwupoziomowo metodą $2^{(k-p)}$. Kluczowym zagadnieniem dla wyznaczenia i optymalizacji funkcji celu był właściwy wybór parametrów wynikowych, których wartości reprezentowałyby kryterialnie jakość naniesionych powłok oraz były powiązane z mikro i nanostrukturalnymi szczegółami ich budowy. Habilitant, zaproponował oryginalne podejście do tego zagadnienia przyjmując wartości twardości H oraz modułu elastyczności E wyznaczone w próbach nanoindentacji jako ilościowe wyznaczniki jakości powłok, przy przyjętej zasadzie „im wyższe wartości tym lepiej”. Jako istotne osiągnięcie Habilitanta natury koncepcyjnej oceniam opracowany Przezem sposób graficznej interpretacji wykresów indentacyjnych, polegający na transformacji osi odciętych = głębokości penetracji wgłębnikiem „I” \Rightarrow „I²”, co przełożyło się na linearyzację parabolicznych krzywych indentacji, Na tak przetransformowanych wykresach współczynnik kierunkowy prostej reprezentuje twardość, zaś odcinkowe załamania (zmiany pochylenia) są wskaźnikiem niejednorodności lub lokalnej nieciągłości materiału powłoki w kierunku prostopadłym do badanej powierzchni. Zastosowanie tej techniki pomiarowej umożliwiło wykonanie wielopunktowych map twardości na szlifach w przekrojach poprzecznych naniesionych warstw, które są oryginalnym, trójwymiarowym obrazowaniem ciągłości i kohezji materiału powłoki. Dzięki tej metodologii, udało się Habilitantowi stworzyć procedury technologiczne dla wytwarzania szerokiego asortymentu materiałowego warstw natryskiwanych cieplnie, charakteryzujących się niską porowatością (na poziomie 1%), zadowalającą jednorodnością strukturalną, a ponadto dobrą adhezją do podłoża. Wartość przedstawionego zbioru publikacji podnoszą również wyniki badań materiałowo strukturalnych wytworzonych powłok narzędziami właściwymi

inżynierii materiałowej, a mianowicie skaningową mikroskopią elektronową (SEM), dyfrakcją rentgenowską (XRD) oraz transmisyjną mikroskopią elektronową (TEM).

W tym wielowątkowym, aczkolwiek spójnym tematycznie, dorobku Habilitanta znaczącą część stanowią badania nad natrykiem zimnym gazem grubych powłok metalowych jako perspektywicznej techniki przyrostowej w procesach regeneracyjnych dla zaawansowanych technologii naprawczych np. w przemyśle lotniczym. Pionierskim w skali światowej osiągnięciem Habilitanta w tym zakresie było wytworzenie natrykiem wysokiej jakości powłok tytanowych o grubości przekraczającej 20 mm.

W ocenie recenzenta, istotnym wkładem Habilitanta do rozwoju dyscypliny naukowej „inżynieria mechaniczna” jest spójny tematycznie i profesjonalnie zinterpretowany, obszerny materiał eksperymentalny w zakresie wytwarzania powłok metalowych, metaloceramicznych i ceramicznych wytwarzanych technikami natrysku cieplnego. W ostatnich trzech latach Habilitant opublikował to osiągnięcie w renomowanych, światowych czasopismach naukowych o wysokim IF, a publikacje te w krótkim okresie zostały licznie cytowane.

Reasumując stwierdzam, że przedłożony do oceny cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod tytułem „*Ocena właściwości powłok jedno i wieloskładnikowych osadzonych metodami natrysku cieplnego badanych technikami indentacji*” spełnia wszystkie wymagania ustawowe i tematycznie przynależy do dyscypliny naukowej „inżynieria mechaniczna” w specjalności „inżynieria produkcji”.

4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej,

Dr Medard Makrenek jest doświadczonym nauczycielem akademickim. Prowadził w Politechnice Świętokrzyskiej zajęcia dydaktyczne (wykłady, ćwiczenia, laboratoria) w wysokim wymiarze godzin oraz w szerokim spektrum tematycznym, poczynając od matematyki i fizyki po przedmioty inżynierskie takie jak podstawy nauki o materiałach, mechanika płynów i wymiana ciepła oraz miernictwo elektryczne wielkości nieelektrycznych. Zorganizował laboratoria dydaktyczne, kierował nimi oraz opracował cztery ćwiczenia wraz z instrukcjami do nich. Był opiekunem zakończonych 50 prac dyplomowych inżynierskich oraz 21 prac dyplomowych magisterskich – głównie z zakresu zagadnień optymalizacji w inżynierii produkcji. Habilitant szeroko angażował się również we współpracę ze szkołami średnimi prowadząc między innymi wykłady popularyzujące fizykę oraz promujące technikę i uczelnie techniczne. Kierował także dwoma projektami wsparcia uczniów klas maturalnych w zakresie nauczania matematyki i fizyki, przygotowując ich do podjęcia studiów w macierzystej uczelni.

Reasumując, wysoce pozytywnie oceniam kompetencje dydaktyczne i dorobek dydaktyczny dr Medarda Makrenka. Bardzo pozytywnie oceniam również zaangażowanie Habilitanta w proces kształcenia i rozwoju młodej kadry naukowej. W dwóch przewodach doktorskich pełni funkcję promotora pomocniczego. Dobrze to rokuje przyszłej aktywności zawodowej dr Medarda Makrenka jako samodzielnego pracownika nauki.

Godnym podkreślenia jest również szeroka aktywność organizacyjna Habilitanta – szczególnie w latach 2008-2012. Dr Medard Makrenek był wówczas Prodziekanem Wydziału Zarządzania i Modelowania Komputerowego, Członkiem Senackiej Komisji ds. Dydaktyki i Studentów, Członkiem Rady Wydziału Zarządzania i Modelowania Komputerowego, a także Członkiem Wydziałowej Komisji Dydaktycznej oraz Senackiej Komisji Dydaktyki i Spraw Studenckich. Wszystkie formy aktywności Habilitanta zostały docenione łącznie dziesięciokrotnie nagrodą JM Rektora Politechniki Świętokrzyskiej.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

W wyniku przeprowadzonej, szczegółowej oceny dorobku naukowego oraz aktywności zawodowej dr Medarda Makrenka stwierdzam, co następuje:

- dorobek naukowy Habilitanta jest oryginalny oraz został upowszechniony, w tym również w obiegu międzynarodowym. Mieści się on w dominującej części w obszarze nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna w specjalności Inżynieria Produkcji. Jako całość, dorobek ten powstał we współpracy z kilkoma ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą;
- dorobek naukowy Habilitanta został wyraźnie powiększony od czasu ostatniego awansu naukowego i charakteryzuje się zadowalającymi wskaźnikami bibliometrycznymi;
- przedstawiony do oceny zbiór publikacji spełnia kryteria osiągnięcia naukowego stanowiącego znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Mechaniczna zgodnie z wymaganiami art. 219 ust 1 pkt 2 lit b oraz ust. 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 r.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam zatem, że dr Medard Makrenek spełnia wszystkie wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna w świetle Ustawy „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce” z dnia 20 lipca 2018 r (Dz. U. z 2021 r. poz. 478). **Recenzowany wniosek popieram i oceniam pozytywnie.**

P. Rula.

