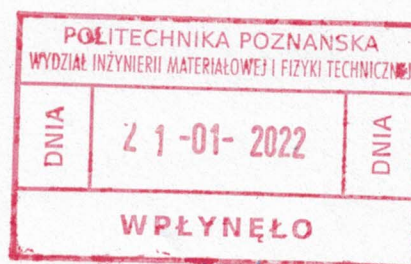


Dr hab. inż. Bogusław Mendala prof. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Materiałowej
Katedra Technologii Materiałowych

Katowice, 17.01.2022 r.



RECENZJA

osiągnięcia naukowego, istotnej aktywności naukowej, współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym oraz informacji naukometrycznych, a także osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych, opracowana w celu przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego Pani dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Podstawa prawna opracowania recenzji:

Recenzja została wykonana na podstawie pisma Rady Doskonałości Naukowej Z2.4000.67.2021.3IB z dnia 27 września 2021 r. oraz uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Poznańskiej nr 49/2020-2024/2021 z dnia 5 listopada 2021 r., a także pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa – Dziekana Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej dr hab. Mirosława Szybowicza prof. PP, nr DF-64/100/2021, na podstawie dokumentacji składającej się z: wniosku przewodniego, danych wnioskodawcy, autoreferatu, wykazu osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Materiałowa, odpisu dyplomu doktora nauk technicznych, kopii publikacji naukowych wchodzących w skład cyklu prac powiązanych tematycznie, kopii oświadczeń współautorów publikacji dotyczących ich udziału w pracach naukowych, zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r., poz. 85 z późn. zm.)

1. Dane charakteryzujące Habilitantkę

Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska jest absolwentką Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, gdzie studiowała na kierunku **Inżynieria Materiałowa**. Stopień magistra inżyniera uzyskała 30 czerwca 2009 roku broniąc pracę magisterską nt. „Struktura i właściwości azotowanej stali 42CrMo4 po laserowym stopowaniu borem”, której promotorem była dr hab. inż. Aleksandra Pertek-Owsianna, prof.

wyższym i nauce, cykl 15 publikacji powiązanych tematycznie, któremu nadała tytuł: „*Mikrostruktura i właściwości borowanych stopów niklu*”. Na przedstawiony cykl składają się prace opublikowane w latach 2013 do 2021 (2013 – 1, 2014 – 2, 2015 – 2, 2016 – 1, 2017 – 4, 2019 – 2, 2020 – 2 i 2021 – 1), z których 3 napisane samodzielnie powstały w latach 2020-2021, a pozostałe 12 są to prace zespołowe, w tym 9 artykułów z dominującym udziałem Habilitantki.

Stopy niklu, są często stosowana w warunkach, w których wymagana jest odporność na korozję i możliwość pracy w wysokiej temperaturze, dlatego stosuje się je głównie w przemyśle: naftowym, jądrowym, chemicznym, kosmicznym, a także w lotnictwie, na elementy turbin. Jednak ze względu na małą odporność na zużycie przez tarcie i dużą skłonność do zacierania, stopy niklu wymagają odpowiedniej ochrony przed zużyciem. Habilitantka stwierdza, że skuteczną metodą poprawy twardości i odporności na zużycie stopów niklu jest metoda borowania, która stała się zadowalającą praktyką, opisywaną w wielu publikacjach. Efektem procesu naborowania stopów niklu jest uzyskanie warstwy borków, której skład uzależniony jest od składu chemicznego stopu niklu, a zwłaszcza obecności pierwiastków tworzących borki o zróżnicowanej twardości np. niklu, chromu lub żelaza. W stopach niklu, często o złożonym składzie chemicznym mogą powstawać również borki substytucyjne np. $(Cr,Co)_2B$, $(Ni,Co)_2B$ lub mieszaniny borków.

Konwencjonalne metody borowania proszkowego i borowania w pastach wymagają wysokiej temperatury i długiego czasu trwania procesu, co powoduje, że metody te są czasochłonne i energochłonne. **Habilitantka podkreśla też, że nie wszystkie komercyjnie stosowane mieszaniny borujące mogą być stosowane do borowania stopów niklu, np. zawierające SiC jako wypełniacz powodują jednoczesne krzemowanie, czego efektem jest zewnętrzna warstwa porowatych krzemków oraz wewnętrzna warstwa borków.**

Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska wyraża opinię, że o wyborze metody borowania stopów niklu decydują przede wszystkim twardość powstałych warstw i oczekiwany wzrost właściwości tribologicznych oraz ich dobra odporność na korozję.

Pani dr inż. Natalia Makuch-Dziarska od początku swojej działalności naukowej zajmuje się technologią borowania i uczestniczy w pracach zespołu rozwijającego możliwości aplikacyjne tego procesu. W odniesieniu do stopów niklu, jak stwierdza, mogą być stosowane ogólnie znane metody borowania np.: proszkowe, w pastach, w złożu fluidalnym, elektrochemiczne, natomiast w jej obszarze zainteresowania znalazły się zwłaszcza trzy tj.: gazowe, plazmowe i laserowe, którym jako autorka i współautorka poświęciła cykl 15

publikacji naukowych, przedłożonych jako główne osiągnięcie naukowe w postępowaniu habilitacyjnym.

Cykl publikacji został przez Habilitantkę podzielony na trzy obszary badawcze, z których pierwszy dotyczy **borowania gazowego [publikacje H1-H8]**, prowadzonego w atmosferze $N_2-H_2-BCl_3$, pozwalającej na uzyskiwanie warstw dyfuzyjnych o dużej grubości, przy tym w niższej temperaturze i krótszym czasie procesu niż np. borowanie proszkowe lub w pastach. Zaletą metody gazowej jest również łatwiejsza kontrola przepływu i składu atmosfery reaktywnej oraz możliwość zautomatyzowania procesu borowania. **Prace H1-H6, dotyczyły procesów prowadzonych w sposób ciągły, natomiast H7 i H8, procesów prowadzonych dwuetapowo.**

Drugi obszar to **borowanie plazmowe z pasty [publikacje H9 i H10]**, podczas którego przy obniżonym ciśnieniu gazów procesowych obrabiana powierzchnia i zastosowane gazy są aktywowane za pomocą wyładowania jarzeniowego, co głównie pozwala na obniżenie temperatury procesu i zmniejszenie zużycia gazów.

Trzecią obszar dotyczy metody **laserowego stopowania powierzchni borem [publikacje H11-H15]**, podczas którego materiał stopujący jest mieszany z materiałem podłoża pod wpływem ruchów konwekcyjnych i grawitacyjnych, wywołanych oddziaływaniem wysokoenergetycznej wiązki laserowej z obrabianym materiałem, co prowadzi do powstawania faz o nowych, unikatowych właściwościach, np. drobnoziarnistej mikrostrukturze.

W autoreferacie, przed szczegółowym omówieniem uzyskanych wyników badań, dr inż. Natalia Makuch-Dziarska sformułowała dwa cele naukowe:

- 1. Pierwszym celem naukowym przeprowadzonych badań było opracowanie metod borowania i dobór parametrów procesu w celu uzyskania warstw borowanych na niklu i jego stopach, charakteryzujących się korzystnymi właściwościami,*
- 2. Drugim celem naukowym przeprowadzonych badań było szczegółowe określenie zależności między składem chemicznym i fazowym wytwarzanych warstw borowanych a ich właściwościami.*

W opinii recenzenta, pierwszy tak sformułowany cel dotyczy raczej opracowania technologicznego i powinien być nazwany celem głównym opracowania. Cel naukowy powinien dotyczyć wyjaśnienia wpływu zastosowanych parametrów procesu na budowę warstw borkowych, wytworzonych na niklu i jego stopach, a także uzyskanych w konsekwencji właściwości.

Habilitantka oczekuje, że odporność korozyjna warstw borowanych gazowo powinna być co najmniej tak dobra, jak odporność na korozję nieborowanych stopów niklu. Skąd ten wniosek ? Porównaniem odporności korozyjnej stopów Nimonic 80A i Inconel 600 oraz poddanych procesowi borowania gazowego Habilitantka zajmowała się w pracy **H5**. Zastosowała dwie metody badań: potencjodynamiczną w 5% roztworze NaCl oraz zanurzeniową we wrzącym roztworze składającym się z H₂O, H₂SO₄ i Fe₂(SO₄)₃. W oparciu o te badania stwierdziła większą wartość potencjału korozyjnego próbki poddanej borowaniu oraz niższą gęstość prądu korozyjnego I_{corr} , która dla stopu Nimonic 80A wynosiła $9,55 \cdot 10^{-8}$ A/cm². Próbką nieborowana natomiast wykazywała wyższą wartość I_{corr} ($2,05 \cdot 10^{-6}$ A/cm²). Na tej podstawie stwierdziła, że borowany gazowo stop Nimonic 80A wykazuje lepszą odporność na korozję w 5% roztworze NaCl w porównaniu do materiału nieutwardzanego. Potwierdzają to obserwacje powierzchni próbek po badaniach, gdyż dla nieborowanej próbki stopu Nimonic 80A, korozja miała charakter lokalny objawiający się powstaniem wżerów korozyjnych w obszarach przebicia warstwy pasywnej, które nie tworzyły się na powierzchni próbki po borowaniu. **Istotne wnioski, dr inż. Natalia Makuch-Dziarska wyciągnęła z badań korozji materiałów borowanych selektywnie i całkowicie, metodą immersyjną, które nie były wcześniej prowadzone.** Określona na tej podstawie szybkość korozji była wielokrotnie wyższa dla selektywnie borowanego stopu Nimonic 80A, która wynosiła 515,92 mm/rok, podczas gdy dla całkowicie zabezpieczonej próbki szybkość korozji określono na poziomie 1,35 mm/rok. Takie podejście do problemu miało nowatorski charakter i pozwoliło Habilitantce na wyjaśnienie mechanizmu pracy mikroogniw korozyjnych, powstających dla stopu Nimonic 80A między nieciągłą warstwą borowaną a podłożem. **Obszarem o charakterze katodowym są wtedy borki chromu lub niklu,** oznaczone jako Me_xB_y (Me=Cr lub Ni), które przyciągają elektrony walencyjne i powodują **roztwarzanie obszarów podpowłokowych – anodowych,** łatwo dostępnych dla elektrolitu, czyli środowiska korozyjnego. **Habilitantka uważa, że istotna różnica w ich potencjałach elektrochemicznych była przyczyną przyspieszonej korozji równomiernej materiału podłoża.** Podobny mechanizm występował w przypadku próbki z ciągłą powłoką - w pełni borowanej, tworzą się jednak wtedy w warstwie borki o innym składzie chemicznym, a nie jak wcześniej opisano pomiędzy warstwą borowaną a podłożem. Materiał podłoża nie ulega wtedy tak intensywnej korozji – roztwarzaniu.

W stopach niklu, takich jak Inconel 600, w mikrostrukturze mogą występować węgliki Cr₂₃C₇ lub Cr₇C₃, których to obecność na granicach ziaren ma duży wpływ na podatność stopu na korozję międzykrystaliczną. Jak stwierdzono podczas badań korozji (**H6**) we

zawierającej boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) oraz atmosfery gazów procesowych aktywowanych wyładowaniem jarzeniowym. Metodę tą Habilitantka w odniesieniu do stopów niklu wykorzystwała podczas pobytu stażowego w Afyon Kocatepe University w Turcji. Zastosowanie procesu prowadzonego pod obniżonym ciśnieniem (5 mbar) w atmosferze gazów o składzie 50/50 Ar/H₂ i w czasie 3 godzin pozwoliło na obniżenie temperatury procesu do 800°C. Metoda polegająca na wstępnym nałożeniu warstwy pasty do borowania na próbki i następnym ich wygrzewaniu w atmosferze zjonizowanych gazów została przez dr inż. Natalię Makuch-Dziarską wykorzystana do wytworzenia warstw borkowych na Nickel 201 oraz stopach Inconel 600 i Nimonic 80A (**H9 i H10**). Uzyskane w ten sposób warstwy były równomierne, wolne od pęknięć i porowatości. Największą grubość warstwy borowanej, wynosząca ok. 54,24 μm , uzyskała dla próbek czystego niklu, a w przypadku stopów zawierających chrom (Inconel 600 - 15,72% Cr i Nimonic 80A - 19,52% Cr), ich grubość to odpowiednio 44,41 μm i 41,31 μm . W warstwie wytworzonej na niklu stwierdziła obecność jedynie borków typu Ni₂B i Ni₃B, natomiast w warstwach wytworzonych na stopach Inconel 600 i Nimonic 80A mieszaniny borków niklu: Ni₂B, Ni₃B i Ni₄B₃ oraz borków chromu CrB i Cr₂B. Zmierzone twardość i moduł Younga H_{IT} i E_{IT} warstw uzyskanych metodą plazmową uzyskały wartości odpowiednio: 19,41 GPa i 274,32 GPa dla Inconel 600 oraz 22,96 GPa i 291,95 GPa dla stopu Nimonic 80A. **Habilitantka, podobnie jak we wcześniejszych pracach, stwierdziła, że wzrost stężenia chromu w stopach niklu powoduje również wzrost ich kruchości, czyli obniżenie odporności na kruche pękanie ($K_C=0,53 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ dla stopu Nimonic 80A).**

Ważnym celem prowadzonych przez dr inż. Natalię Makuch-Dziarską badań (**H10**) było określenie wpływu chromu w składzie chemicznym i fazowym stopów niklu na ich odporność na korozję po procesie borowania plazmowego. Odporność na korozję wykonanych próbek Habilitantka określiła na podstawie badań potencjodynamicznych przeprowadzonych w 3,5% roztworze NaCl. Dla próbek ze stopu Inconel 600 i Nimonic 80A, przed borowaniem i po procesie borowania plazmowego, na podstawie uzyskanych krzywych polaryzacji określiła wartości potencjału korozyjnego E_{corr} i odpowiadające im wartości prądu korozji I_{corr} .

Habilitantka, podsumowując stwierdziła, że obecność chromu w stopach Inconel 600 i Nimonic 80A była powodem dużej podatności tych stopów na korozję wżerową, a intensywne rozpuszczanie się materiału spowodowane było obecnością jonów chromu powodujących obniżenie wartości pH na dnie wżerów. Ze względu na wieloskładnikowy charakter warstw uprzywilejowanymi obszarami powstawania mikroogniwi korozyjnych

w borowanych stopach Inconel 600 i Nimonic 80A były obszary występowania mieszanin borków niklu i chromu, które charakteryzują się różnymi potencjałami elektrochemicznymi, co prowadzi do podziału na obszary katodowe i anodowe – ulegające szybszemu roztwarzaniu w elektrolitach chlorkowych. **Wyjaśnienie mechanizmów i oddziaływanie chromu w stopach niklu rzeczywiście zostały bardziej szczegółowo opisane w publikacji pt. “The importance of phase composition for corrosion resistance of borided layers produced on Nickel alloys”, (Materials, 2020).** W opinii recenzenta, szkoda że **Habilitantka nie podjęła bardziej szczegółowej dyskusji na ten temat w autoreferacie i nie omówiła istotnych wyników, które znajdują się w ww. publikacji.** Stwierdza natomiast, że generalnie wszystkie stopy niklu borowane plazmowo z pasty charakteryzowały się większą odpornością na korozję w 3,5% roztworze NaCl w porównaniu z materiałami nieborowanymi.

Trzeci obszar badawczy - prace [H11 (Applied Surface Science, 2013 r. – 35 pkt, IF: 2.538, cyt. 27x, akt. 29x, suma 43x), H12 (Ceramics International, 2014 r. – 40 pkt. IF: 2.605, cyt. 12x, akt. 14x, suma 28x), H13 (Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Ceramics International, 2017 r. – 12 pkt. IF: 0, cyt. 2x, akt. 4x, suma 5x - Scopus), H14 (Optics and Laser Technology, 2015 r. – 30 pkt. IF: 2.879, cyt. 6x, akt. 8x, suma 11x), H15 (Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2019 r. – 100 pkt. IF: 2.615, cyt. 4x, powinno być akt. 3x, suma 4x)], dotyczyły opracowania i zastosowania techniki laserowego stopowania borem do wytwarzania warstw borkowych na stopach niklu. **Jak stwierdza Habilitantka, technologia laserowego stopowanie borem, w której opracowaniu uczestniczyła, jest procesem nowatorskim, nie stosowanym i nie opisywanym wcześniej w odniesieniu do stopów niklu.** W metodzie tej wcześniej nałożona pasta z borem amorficznym i spoiwem w postaci polialkoholu winylowego jest przetapiana laserowo (H11). **Stopowanie laserowe pozwala na uzyskanie jednolitej warstwy borkowej o grubości uzależnionej od mocy zastosowanej wiązki, wynoszącej nawet kilkaset mikrometrów (346-467 μm).** Habilitantka uczestniczyła w opracowaniu parametrów procesu, np. stopnia zachodzenia na siebie kolejnych ścieżek laserowych. Zastosowanie 86% stopnia zachodzenia wiązki pozwoliło na tworzenie warstwy stopowanej laserowo o jednolitej grubości. Mikrostruktura warstwy borkowej wytworzonej laserowo na stopie Inconel 600 składała się z borków: niklu, chromu i żelaza. Twardości tak wytworzonej warstwy była porównywalna z twardością warstw wytworzonych dyfuzyjnie, zwłaszcza w obszarze tuż przy powierzchni. Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska stwierdziła, że twardość

warstwy borowanej wytworzonej przy zastosowaniu mniejszej mocy wiązki lasera tj. 1,56 kW wynosiła: w strefie zwartych borków przy powierzchni 1740 HV, poniżej w strefie przetopionej twardość spadła do 1430 HV, a następnie ok. 260–310 HV w strefie wpływu ciepła. Wykorzystanie wiązki lasera o większej mocy 1,95 kW powodowało obniżenie twardości, co Habilitantka tłumaczy większym udziałem materiału podłoża w strefie przetopionej. **Przeprowadzone testy zużycia warstw borowanych laserowo pozwoliły na stwierdzenie, że ich odporność na zużycie przez tarcie była dziesięciokrotnie większa niż nieborowanego stopu Inconel 600. Stwierdza również, z czym recenzent się zgadza całkowicie, że metoda ta jest przyszłościową, gdyż pozwala uzyskiwać na stopach niklu warstwy o dużej grubości.** Badania właściwości nanomechanicznych tworzących się mieszanin borków chromu i niklu w warstwach borowanych laserowo pozwoliły Habilitantce na wyznaczenie twardości i modułu Younga dla poszczególnych mieszanin borków (H12). Większe wartości modułu Younga, wynoszącego $E_{IT}=355,11$ GPa i twardości $H_{IT}=28,25$ GPa charakteryzują mieszaninę borków chromu, natomiast dla mieszaniny borków niklu wartości te były mniejsze i wynosiły: moduł Younga 287,91 GPa i twardość 13,51 GPa.

Dalsze badania nad stopowaniem laserowym (H13) pozwoliły dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej na określenie wpływu parametrów obróbki laserowej na rozkład temperatury i grubość warstw borkowych wytworzonych na stopie Nimonic 80A. **W swoich badaniach zaadaptowała model Ashby’ego i Esterlinga do obliczenia prognozowanej grubości warstw borowanych laserowo wytworzonych na stopie niklowo-chromowym.** Biorąc pod uwagę wpływ kilku zmiennych procesowych uzyskała dobrą korelację między teoretyczną i doświadczalną grubością warstwy borowanej laserowo. Zastosowanie materiałów stopujących o różnym składzie chemicznym stwarza możliwości łatwej modyfikacji budowy warstw borkowych wytworzonych metodą stopowania laserowego. Takie badania Habilitantka podjęła modyfikując skład warstwy borkowej wytworzonej na stopie Nimonic 80A niobem (H14). Wytworzone warstwy charakteryzowały się grubością ok. 470 μm , natomiast w ich mikrostrukturze Habilitantka stwierdziła borki niklu typu (Ni_3B , Ni_2B , Ni_4B_3 i NiB), borki chromu (CrB i Cr_2B), borki niobu (NbB_2 i NbB) oraz fazę Ni. **Jak jednak stwierdziła, zmierzone twardości warstw były mniejsze niż uzyskiwane w procesach borowania dyfuzyjnego.** Zastosowana obróbka laserowa stopu Nimonic 80A spowodowała znaczny, jedenastokrotny wzrost odporności na zużycie w warunkach tarcia w stosunku do stopu w stanie wyjściowym.

Zakres modyfikacji procesu stopowania laserowego znacznie rozszerzono w pracy (H15), w której zastosowano trzy rodzaje materiałów stopujących w formie pasty: z borem

amorficznym, borem amorficznym i molibdenem oraz borem amorficznym i niobem. Wszystkie wytworzone warstwy charakteryzowały się większą odpornością na zużycie w porównaniu ze stopem Nimonic 80A w stanie nieobrobionym. Jednak największy wzrost odporności na ścieranie zaobserwowano dla próbek stopowanych borem z dodatkiem niobu, dla których to stwierdzono najmniejsze ubytki masy i najmniejszy współczynnik intensywności zużycia I_{mw} wynoszący $1,234 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$.

Biorąc pod uwagę zakres badań przeprowadzonych przez dr inż. Natalię Makuch-Dziarską, w publikacjach przedłożonego do oceny cyklu pt. „Mikrostruktura i właściwości borowanych stopów niklu”, ich wartość naukową, jak również wkład Habilitantki w ich powstanie, stwierdzam, że tą część dorobku naukowego należy uznać za bardzo istotny wkład w rozwój metod wytwarzania warstw borkowych na stopach niklu. Wykorzystanie trzech nowoczesnych metod utwardzania powierzchni tj. borowania gazowego, plazmowego i laserowego w odniesieniu do stopów, które uważane są za trudno utwardzalne metodami konwencjonalnymi, stanowi znaczny postęp w obszarze inżynierii powierzchni. **Zwłaszcza, że Habilitantka miała znaczny udział w opracowaniu podstaw technologii tych procesów np. w projektowaniu i budowie stanowiska do borowania gazowego, opracowaniu zmodyfikowanego składu atmosfery gazowej pozwalającej na zwiększenie wydajności procesu naborowania, czy udział w opracowaniu procesu borowania dwuetapowego.**

Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska ma znaczny wkład w rozwój nowatorskiej metody laserowego stopowania borem stopów niklu, zwłaszcza na etapie doboru składu chemicznego pasty do borowania i parametrów obróbki laserowej oraz prognozowania grubości warstw borkowych wytwarzanych laserowo na stopie niklowo-chromowym.

Wnioski szczegółowe

1. W opinii recenzenta przedstawione do oceny publikacje stanowią tematycznie dobrze powiązany cykl, dobór ich jest przemyślany, dotyczy głównego celu jakim jest opracowanie podstaw technologicznych wytwarzania twardych warstw, zwiększających odporność na zużycie stopów niklu.
2. Publikacje są dobrze osadzone w inżynierii materiałowej, charakterystyczne jest uzyskane przez Habilitantkę powiązanie pomiędzy procesem wytworzenie warstw, ich budową i właściwościami. Szczegółowo opisany jest wpływ parametrów technologicznych procesów borowania na skład chemiczny i fazowy uzyskanych warstw oraz na ich właściwości mechaniczne i użytkowe.

3. Publikacje cyklu są wielowątkowe i obszerne, dogłębnie wyjaśniają np. zależności między składem fazowym warstw borkowych, a ich odpornością na kruche pękanie, wpływ obecności borków chromu na odporność korozyjną borowanych stopów niklu, przyczynę zwiększonej podatności stopów Ni-Cr na korozję wżerową, zasadę pracy mikroogniw korozyjnych w częściowo i całkowicie borowanych stopach niklu.
4. Habilitantka dobrze wyartykułowała w autoreferacie swoje osiągnięcia, skupiła się na opisie właściwości mechanicznych, wpływie zawartości chromu w stopach niklu na budowę warstw borkowych, ich odporności na korozję w środowisku chlorków i wrzącym roztworze: H_2O , H_2SO_4 i $Fe_2(SO_4)_3$. Niektóre kwestie zostały bardzo dobrze i szczegółowo wyjaśnione w publikacjach, niestety nie zostały w opinii recenzenta, dostatecznie wykorzystane w dyskusji prowadzonej w autoreferacie.
5. Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska, co warto jest podkreślić, w kilku publikacjach, jak i autoreferacie odnosi się do swojego bogatego warsztatu technologicznego i badawczego, co ma ogromny wpływ na uzyskane wyniki badań, niejednokrotnie unikatowe, jak również poziom zaprezentowanych publikacji.

Reasumując ocenę przedstawionego głównego osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego stwierdzam, że dr inż. Natalia Makuch-Dziarska po uzyskaniu stopnia naukowego doktora rozwinęła działalność naukową w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Podsumowując, biorąc pod uwagę powyższe wnioski, stwierdzam, że cykl publikacji pt. „Mikrostruktura i właściwości borowanych stopów niklu” w mojej ocenie spełnia wymogi ustawowe w zakresie osiągnięcia naukowego pozwalającego na uzyskanie stopnia doktora habilitowanego, jednocześnie uważam, że wkład głównego osiągnięcia naukowego dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa należy uznać jako znaczący.

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Biorąc pod uwagę całkowity dorobek naukowy dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej można stwierdzić, że jest on bardzo spójny i całkowicie ukierunkowany na procesy

uszlachetniania warstwy wierzchniej. Habilitantka jest autorem lub współautorem 60 artykułów naukowych, w tym: 11 artykułów przed uzyskaniem stopnia doktora i 49 publikacji po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. Znakomita większość artykułów została opublikowana w czasopismach z listy Journal Citation Reports. W dniu pisania recenzji 42 publikacje znajdują się w bazie Web of Science. **Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że publikacje cyklu, wykazane jako główne osiągnięcie naukowe dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej w chwili składania wniosku były cytowane 94 razy, natomiast aktualnie ilość cytowań wynosi 113. Stwierdzam więc, że dorobek publikacyjny Habilitantki, jak również jej rozpoznawalność jest bardzo dobra.**

Dorobek dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej jest znaczący, świadczą o tym wskaźniki bibliometryczne: liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science wynosząca **669 (bez autocytowań 520)** oraz indeks **Hirscha równy 18**. Łączna liczba punktów publikacji wg listy MNiSW, zgodna z rokiem opublikowania (2019 -2021), wynosi **1655**.

Dorobek w zakresie publikacji naukowych oraz wskaźników bibliometrycznych dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej oceniam jako bardzo wartościowy.

Habilitantka prezentowała wyniki swoich badań na 12 konferencjach naukowych (4 przed doktoratem - konferencje krajowe) (8 po doktoracie) w tym 2 zagraniczne. Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska kierowała pracami zespołów badawczych, czego dowodem jest pozyskanie i kierowanie 4 projektami badawczymi, w tym 1 projekt przed doktoratem i 3 po uzyskaniu stopnia doktora. Habilitantka uczestniczyła również jako wykonawca w 2 zrealizowanych projektach.

Kandydatka była laureatem 4 stypendiów: w ramach Programu Kapitał Ludzki „Wsparcie stypendialne dla doktorantów w dziedzinach uznanych za strategiczne dla rozwoju Wielkopolski”, współfinansowanego przez UE w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, stypendium dla wybitnych młodych naukowców, finansowanego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, stypendium START finansowanego przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej (FNP) i Stypendium Inżynier Przyszłości, wzmocnienie potencjału dydaktycznego Politechniki Poznańskiej, współfinansowanego przez UE w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. Uzyskała również kilkanaście nagród Rektora Politechniki Poznańskiej za działalność naukową.

Habilitantka wykazuje również dużą aktywność w zakresie recenzowania artykułów naukowych w czasopismach z listy JCR, dla których wykonała w okresie 2017-2020, zgodnie z informacją zawartą w wykazie osiągnięć naukowych, **41** recenzji. Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska recenzowała artykuły naukowe między innymi dla takich czasopism jak: **Surface**

and Coatings Technology, Materials & Design, Optics & Laser Technology, Advances in Materials Science i Metals.

Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska odbyła 3 dwutygodniowe starze naukowe, jeden zagraniczny w Afyon Kocatepe University, Faculty of Technology w Turcji oraz dwa w instytucjach krajowych tj. w Politechnice Łódzkiej i Instytucie Mechaniki Precyzyjnej.

Po analizie istotnej aktywności naukowej Habilitantki, w tym publikacyjnej, związanej z realizacją projektów badawczych i odbytych stażach, stwierdzam, że dorobek naukowy dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej jest na dobrym poziomie i świadczy o jego dojrzałości naukowej.

4. Ocena współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska, zarówno przed uzyskaniem stopnia doktora, jak i po jego uzyskaniu współpracowała z kilkoma przedsiębiorstwami prowadzącymi działalność w Polsce. W ramach projektu celowego realizowanego we współpracy z HS Wrocław Ltd, (UTC Aerospace Systems w Windsor Locks, Connecticut, USA), finansowanego ze środków NCBiR (2011-2015), zajmowała się jako wykonawca badaniem materiałów wykorzystywanych do produkcji serwozaworów.

Habilitantka uczestniczyła też w pracach mających na celu zwiększenie trwałości elementów urządzeń stosowanych w przetwórstwie tworzyw sztucznych. W tym zakresie współpracowała z firmą WATS (Polska), zajmującą się produkcją podzespołów dla sektora motoryzacyjnego, kriogenicznego oraz energetyki.

Kandydatka uczestniczyła, jako wykonawca w projekcie pt. „Indukcyjne formy wtryskowe do złączy elektrycznych i elektronicznych”, realizowanym we współpracy z firmą Phoenix Contact Wielkopolska Sp. z o.o. Jej rolą w projekcie było doradztwo w zakresie doboru materiałów do produkcji formy wtryskowej. Ponadto brała udział w pracach zespołów eksperckich, realizując badania na zlecenie firmy H. Cegielski - Fabryka Pojazdów Szynowych, wykonując potencjodynamiczne badania korozji stali austenitycznych. W 2020 roku uczestniczyła w ocenie odporności korozyjnej zbiorników spawanych na zlecenie firmy Tesgas S.A., a także na zlecenie firmy STAL-WARSZTAT prowadziła analizę porównawczą właściwości mechanicznych materiałów 1.7225 i 1.2312, użytych do wykonania korpusu dolnego i obudowy stempla w procesie kucia matrycowego. **W tym obszarze działalność Habilitantki oceniam jako wystarczający.**

5. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej oraz popularyzującej naukę

W zakresie działalności dydaktycznej dr inż. Natalia Makuch-Dziarska prowadzi zajęcia dydaktyczne na kilku kierunkach studiów, między innymi na: Inżynierii Materiałowej, Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Edukacji Techniczno-Informatycznej, Inżynierii Biomedycznej, Mechanice i Budowie Maszyn i Mechatronice. Habilitantka opracowała kilkanaście przedmiotów, w ramach których realizuje wszystkie formy zajęć dydaktycznych. Do istotnych, z punktu widzenia zagadnień omawianych w cyklu publikacji i autoreferacie uważam: Podstawy nauki o materiałach, Obróbkę cieplną i spawalnictwo, Termodynamikę techniczną, Stopy odporne na korozję, Inżynierię powierzchni metali i stopów i Komputerowe wspomaganie w inżynierii materiałowej. Jako opiekun i promotor wypromowała 27 inżynierów i 20 magistrów inżynierów, była też dwa razy promotorem pomocniczym dla studentów studiów doktoranckich. Zrealizowane prace dyplomowe w przeważającej większości dotyczyły tematyki wytwarzania i charakteryzowania warstw borkowych.

W zakresie działalności organizacyjnej i popularyzującej naukę dr inż. Natalia Makuch-Dziarska była w latach 2016-2019 członkiem Dziekańskiej Komisji ds. Naukowych na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej. W 2020 roku, przez okres 9 miesięcy, miała zaszczyt być Członkiem Rady Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej. Aktualnie, w kadencji 2020-2024 jest członkiem dziekańskiego zespołu ds. promocji i mediów społecznościowych Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, w którym skupia się na promocji Wydziału w mediach społecznościowych oraz organizowaniu cyklicznych wykładów dla młodzieży szkół średnich. **Od 2017 roku jest członkiem Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego, aktywnie uczestniczyła w organizacji XXII Seminarium Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego, jako członek Komitetu Organizacyjnego.** Od 2012 roku jest również członkiem stowarzyszenia MENSA.

Habilitantka była kilkakrotnie w Instytucie Inżynierii Materiałowej (2015, 2018, 2019, 2020) współorganizatorem warsztatów przedstawiających możliwości badawcze nowoczesnej aparatury badawczej, między innymi: nanoindentera NHT², optycznego profilometru Profilm 3D, cyfrowego mikroskopu VHX6000 (Keyence) czy mikroskopu sił atomowych Core AFM (Nanosurf).

Dr inż. Natalia Makuch-Dziarska uczestniczyła jako prelegent w XV i XVII (2012 i 2014) edycji Festiwalu Nauki i Sztuki w Poznaniu, odbywającego się pod patronatem Kolegium Rektorów Miasta Poznania i Wojewody, Marszałka Województwa

Wielkopolskiego i Prezydenta Miasta Poznania, a także brała aktywny udział w Forum Inteligentnego Rozwoju (2020), gdzie jako kierownik projektu promowała nową technologię borowania gazowego i była nominowana do Nagrody Inteligentnego Rozwoju w kategorii Naukowiec Przyszłości.

Od grudnia 2018 roku, jako kierownik opiekuje się laboratorium badań właściwości nanomechanicznych, które w dużej mierze zostało wyposażone w nowoczesny sprzęt ze środków NCBiR, w ramach realizowanego i kierowanego przez Habilitantkę grantu.

Uważam, że wkład Habilitantki w zakresie działalności dydaktycznej i organizacyjnej oraz popularyzującej naukę należy uznać za dobry.

6. Wniosek końcowy

Analiza przedstawionej przez dr inż. Natalię Makuch-Dziarską dokumentacji, przeprowadzona w oparciu o obowiązujące wymagania stawiane osobie ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, zgodnie z kryteriami podanymi w Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. z 2020 r. poz. 85 pozwala stwierdzić, że: cykl publikacji pod tytułem „Mikrostruktura i właściwości borowanych stopów niklu”, przedstawiony jako osiągnięcie naukowe Habilitantki stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa.

Na tej podstawie wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Poznańskiej o nadawanie dr inż. Natalii Makuch-Dziarskiej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Katowice, 17.01.2022 r.

