

Prof. dr hab. inż. Jan Sieniawski
Katedra Nauki o Materiałach
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechnika Rzeszowska
ul. Żwirki i Wigury 4, 35-959 Rzeszów

Rzeszów, 18 marca 2022 r.



DF-64/38/2022

Recenzja

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Anety Bartkowskiej w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Podstawa opracowania recenzji: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Poznańskiej z dnia 24 stycznia 2022 r.

1. Dane ogólne o przebiegu działalności naukowej i zawodowej

Dr inż. Aneta Bartkowska (u [REDACTED]) studia wyższe ukończyła w roku 2008 na kierunku inżynieria materiałowa na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej i następnie rozpoczęła studia doktoranckie, które ukończyła w 2012 r. Jej zainteresowania naukowe w zakresie badań własnych realizowała pod kierunkiem prof. Aleksandry Pertek-Owsianej. Dotyczyły charakteryzowania składu fazowego i morfologii składników fazowych mikrostruktury warstwy wierzchniej elementów stalowych modyfikowanej wiązką lasera oraz jej wpływu na ich właściwości mechaniczne i użytkowe. Podstawowymi zagadnieniami Jej pracy badawczej wówczas była technologia konstytuowania warstwy wierzchniej na podłożu niektórych gatunków stali konstrukcyjnej m.in. C45. Uwzględniała w opracowanej technologii modyfikowania warstwy wierzchniej procesy galwaniczne, dyfuzyjne oraz efekty oddziaływania wiązki lasera, także przyjęte kryteria energetyczne i uzyskane właściwości tribologiczne wytworzonych warstw oraz ich odporność na pękanie. Uzyskane wyniki badań własnych, prowadzonych w tym zakresie również w ramach projektu Komitetu Badań Naukowych, były podstawą Jej rozprawy doktorskiej pt. *„Wpływ wybranych pierwiastków oraz obróbki laserowej na strukturę i właściwości warstwy borowanej wytworzonej na stali*

konstrukcyjnej”, którą przedstawiła Radzie Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania (2013 r.).

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, dr inż. Aneta Bartkowska w prowadzonych badaniach własnych rozwinęła procesy modyfikowania borem warstwy wierzchniej na podłożu stali i stopów niklu. Są ukierunkowane na poprawę ich właściwości tribologicznych – odporności na zużycie w warunkach tarcia elementów maszyn współpracujących w kinematycznych parach konstrukcyjnych - z zastosowaniem technologii obróbki laserowej. Doskonali jednocześnie swoje umiejętności w metodyce badań warstwy wierzchniej m.in. mikroanalizie składu fazowego i chemicznego metodami dyfrakcji rentgenowskiej, przetwarzaniu obrazów mikrostruktury w analizie morfologii jej składników fazowych, także w metodyce badań właściwości mechanicznych warstwy wierzchniej (moduł Younga, twardość).

Dr inż. Aneta Bartkowska swoje prace badawczo rozwojowe realizuje przy współpracy zarówno z ośrodkami naukowymi w kraju (Politechnika Śląska, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Instytut Metalurgii Żelaza, Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych), jak również z zagranicznymi (Słowacki Uniwersytet Techniczny w Bratysławie, Uniwersytety Techniczne w Pradze i w Ostrawie oraz Uniwersytet Żyliński w Żylinie). Wyniki prowadzonych badań wytworzonych warstw wierzchnich modyfikowanych borem na podłożu stali i stopów niklu w zakresie analizy ich składu chemicznego i fazowego, morfologii składników fazowych mikrostruktury, także ich właściwości fizycznych, chemicznych, mechanicznych zostały opublikowane przez dr inż. Anetę Bartkowską w czasopismach z listy JCR. Poddane zostały pośredniej weryfikacji i ocenie, zostały więc uznane i są cytowane. Wpłynęły na rozszerzenie zarówno wiedzy podstawowej dotyczącej efektów oddziaływania wiązki lasera z materiałem podłoża i naniesioną powłoką technologiczną o różnej zawartości boru, jak również oddziałują na nowe technologie konstytuowania borowanych warstw wierzchnich narzędzi i elementów maszyn wykonanych ze stali i stopu niklu.

Dr inż. Aneta Bartkowska pracę w Instytucie Inżynierii Materiałowej Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania rozpoczęła w roku 2011 na stanowisku asystenta i następnie adiunkta (2015 r.) Obecnie jest adiunktem na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej.

2. Ocena dorobku naukowego

Dr inż. Aneta Bartkowska swoje osiągnięcia naukowe po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych (2013 r.) scharakteryzowała w cyklu publikacji powiązanych tematycznie pt. *„Mikrostruktura i właściwości laserowo modyfikowanych warstw powierzchniowych zawierających borki metali wytwarzanych na stalach oraz superstopach”*. Przedstawiony zbiór 14 prac, opublikowanych w zdecydowanej

większości w czasopismach z listy JCR, stanowi opis działań naukowo-badawczych podjętych przez dr inż. Anetę Bartkowską, których głównym celem jest modyfikowanie składu fazowego i chemicznego w procesie borowania laserowego warstwy wierzchniej wytwarzanej na podłożu stali konstrukcyjnej (C45) i narzędziowej (145Cr6, Vanadis-6) oraz na podłożu stopu niklu z miedzią (Monel400). Są realizowane głównie w procesach oddziaływania wiązki lasera cechującej się różnymi parametrami energetycznymi z:

- naborowaną warstwą wierzchnią – połączenie procesu dyfuzyjnego borowania i obróbki laserowej naborowanej warstwy wierzchniej,
- powłoką technologiczną naniesioną na podłoże charakteryzujące się różną zawartością boru lub mieszaniny proszków boru i dodatkowego pierwiastka.

W realizowanych zagadnieniach badawczych uwzględniła ustalenie zależności dla tak wywołanej zmiany składu chemicznego i fazowego oraz morfologii składników fazowych mikrostruktury modyfikowanych warstw dla kształtowania ich właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych. Przede wszystkim do prognozowania ich właściwości tribologicznych, odporności na zużycie w warunkach tarcia, odporności na pełzanie, twardości, także na ich właściwości korozyjne. Prace badawcze prowadzono dla standardowych technicznych gatunków stali i stopu niklu z miedzią. Dr inż. Aneta Bartkowska sformułowała jednocześnie dla realizowanych badań tezę, że stosowane metody modyfikowania warstwy wierzchniej borem, przede wszystkim połączonych procesów dyfuzyjnego borowania, borochromowania i obróbki laserowej jak również oddziaływania wiązki lasera cechującej się różnymi parametrami energetycznymi z naniesioną powłoką technologiczną o różnej zawartości borków metali lub mieszaniny borków żelaza i dodatkowych pierwiastków (Si, Mo, Cr), umożliwi wytworzenie borowanej warstwy wierzchniej o dobrej odporności na zużycie w warunkach tarcia i dobrej odporności na korozję.

Analiza wyników wykonywanych zadań badawczych przedstawionych w cyklu publikacji, w kolejnych artykułach wskazuje, że dr inż. Aneta Bartkowska, uzyskiwała osiągnięcia naukowe, które zostały przyjęte i uznane w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Udział dr inż. Anety Bartkowskiej w większości tych prac jest wiodący i dotyczy sformułowania hipotez badawczych, doboru materiału do badań, opracowania warunków procesu borowania dyfuzyjnego i obróbki laserowej warstwy wierzchniej oraz analizy jej składu chemicznego fazowego i mikrostruktury, a także określenia właściwości mechanicznych, tribologicznych i użytkowych. Udział Jej w artykułach, w których wykazuje osiągnięcia naukowe wynosi w większości: 60-70% (6 artykułów), 45-55% (3 artykuły), 30-40% (3 artykuły), także w 2 artykułach autorskich. Pierwszym autorem jest w 13 artykułach. Na tej podstawie stwierdzam, że udział dr inż. Anety Bartkowskiej w realizacji badań i tworzeniu publikacji, z uwzględnieniem uzyskanych wyników, jest dominujący.

W przedstawionej dokumentacji dotyczącej dorobku naukowego dr inż. Anety Bartkowskiej dostrzegam realizację szerokiego zakresu badań skoncentrowanych na charakteryzacji różnych technologii borowania i jej zastosowania do konstituowania warstwy wierzchniej elementów maszyn i urządzeń wykonanych z gatunków stali maszynowej, stali narzędziowej oraz stopu niklu i miedzi. Przyjęła do badań i uwzględniła w charakteryzowaniu efektów technologicznych zarówno różne materiały podłoża dla wytworzenia warstw, jak również uwzględniła ich modyfikowanie borem oraz borem i innymi pierwiastkami cechującymi się niską i wysoką temperaturą topnienia, także różnym ich powinowactwem do węgla i tlenu oraz stopniem aktywności do tworzenia faz międzymetalicznych, w tym borków – pierwiastków o różnych właściwościach termodynamicznych.

Wyodrębnić można w wykonanych badaniach realizowane kolejno zadania badawcze dotyczące zastosowania różnego materiału podłoża oraz technologii borowania. Określono w tych badaniach skład chemiczny i fazowy, morfologię składników fazowych mikrostruktury oraz właściwości fizyczne, chemiczne, tribologiczne i mechaniczne wytworzonych warstw borowanych przy zastosowaniu różnych materiałów i procesów modyfikowania warstw m.in.:

- materiał podłoża: gatunki stali o różnej zawartości węgla – C45, CT90, 145Cr6, Vanadis 6 oraz dwuskładnikowy stop niklu – Monel 400,
- proces modyfikowania warstwy wierzchniej: borowanie dyfuzyjne (konwencjonalne); borowanie dyfuzyjne + obróbka laserowa (przetapianie wiązką lasera); borochromowanie + obróbka laserowa; obróbka laserowa + powłoka technologiczna z różną zawartością boru, wolframu, krzemu, chromu i molibdenu oraz mieszaniny proszków o różnym składzie chemicznym bor + wolfram, bor + krzem, bor + chrom, bor + molibden,
- obróbka laserowa dla określonych parametrów wiązki lasera - w zależności od rodzaju lasera – przede wszystkim gęstości mocy i prędkości przemieszczania wiązki.

Dr inż. Aneta Bartkowska zrealizowała, od uzyskania stopnia doktora nauk technicznych, szeroki zakres badań w zakresie modyfikowania warstwy wierzchniej stali borem z zastosowaniem procesu borowania gazowego (mieszanina borująca Durborid i EKobor) oraz wprowadzania boru lub boru i innych pierwiastków w procesie przetapiania nałożonej powłoki technologicznej o różnej zawartości boru oraz dodatkowych pierwiastków. Główne osiągnięcia naukowe uzyskane przez dr inż. Anetę Bartkowską dotyczą:

- charakteryzacji składu chemicznego i fazowego modyfikowanej warstwy wierzchniej stali w procesach borowania, także borowania połączonego z nasycaniem warstwy pierwiastkami stopowymi m.in. Cu, Cr, Si, Mo w obróbce laserowej w zależności od opracowanych i przyjętych parametrów technologicznych,

- opracowania i doboru kryteriów parametrów technologicznych procesu borowania dyfuzyjnego, oraz realizowanego z użyciem wiązki lasera do przetopienia naniesionej powłoki technologicznej do uzyskania prawidłowej głębokości przetopienia materiału podłoża oraz dobrych właściwości fizycznych, chemicznych, tribologicznych i mechanicznych dla prognozowanego ich zastosowania.

Stwierdzam, że osiągnięcia naukowe przedstawione w zbiorze tematycznie powiązanych publikacji stanowią w określonym stopniu opis spójnych na dostatecznym poziomie prowadzonych zadań badawczych w zakresie modyfikowania składu chemicznego i fazowego oraz charakteryzacji morfologii składników fazowych mikrostruktury wytwarzanych warstw wierzchnich na podłożu gatunków stali o różnej zawartości węgla także pierwiastków stopowych również w ustaleniu stopnia ich oddziaływania przede wszystkim na twardość i odporność na zużycie w warunkach tarcia. Cechują się określonym celem i zakresem badań a także zbliżonymi wnioskami. Na tej podstawie uznaję, że zgodnie z wymaganiami formalnymi (Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Dz. U. z 2020 r. – poz. 85, Art. 218.1, pkt. 2b) spełnione zostały wymagania w zakresie „cyklu powiązanych tematycznie prac opublikowanych w czasopismach naukowych” i może być oceniany jako własne osiągnięcie dr inż. Anety Bartkowskiej w Jej postępowaniu habilitacyjnym.

W ocenie wkładu osiągnięcia naukowego dr inż. Anety Bartkowskiej w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa zwrócić należy uwagę na następujące zagadnienia:

- problematyka dotycząca związków boru z żelazem oraz z innymi pierwiastkami, również składnikami stopowymi wprowadzanymi do stopów żelaza, także z uwzględnieniem i ustaleniem ich właściwości termodynamicznych – podstawowych do określenia rodzaju i kinetyki procesu wydzielania się cząstek faz borkowych - jest znana i była podejmowana od kilku dziesiątek lat przez ośrodki naukowe w kraju i świecie. Cechuje je duża różnorodność przede wszystkim ze względu na materiały przyjęte do badań, warunki realizacji procesu wytwarzania warstwy naborowanej jak również na sformułowane i przyjęte hipotezy badawcze. Podstawowym czynnikiem łączącym zarówno prace o charakterze poznawczym, jak również technologicznym jest analiza właściwości termodynamicznych składników oraz tworzących się ich związków – faz borkowych. Stwierdzam, że w znikomym małym stopniu zostały zauważone i uwzględnione przez dr inż. Anetę Bartkowską. Jednocześnie wskazuję, że brak uwzględnienia takiej analizy, zarówno i przede wszystkim w przedstawionym autoreferacie, jak również w opublikowanych wynikach badań (występuje zawsze możliwość ograniczenia treści prac przez redakcję) w realizowanych badaniach własnych wpłynął na przebieg ich kolejnych etapów. Stąd w mojej ocenie, wyniki uzyskane przez dr inż. Anetę Bartkowską w mniejszym stopniu dostarczają wiedzy poznawczej, dotyczącej nowych, użytecznych

rozwiązań w prognozowaniu kinetyki tworzenia się i rodzaju faz borkowych w warstwie wierzchniej podłoża stali i stopu niklu z miedzią. Stanowią natomiast uzupełnienie wiedzy w uwzględnieniu czynników technologicznych w zakresie realizowanych badań. Wyróżniam charakteryzację składników fazowych mikrostruktury metodami mikroskopii elektronowej i dyfrakcji rentgenowskiej – borków i wykazanie stopnia ich oddziaływania na właściwości tribologiczne,

- w przedstawionym opisie osiągnięć naukowych dr inż. Aneta Bartkowska w małym stopniu dokonuje syntetycznej analizy uzyskanych wyników realizowanych kolejnych etapów badań. Opisuje – raportuje – sposób wykorzystania badań i wyniki, natomiast w małym stopniu uwzględnia zagadnienia fizyki metali – chemii materiałów - stanowiące podstawy technologii materiałowych, także podstawy do przyjęcia założeń i hipotezy badawczej dla planowanych badań. Powstaje przy takim sposobie charakteryzowania badań naukowych przypuszczenie o przypadkowości m.in. w przyjęciu materiałów do badań, rodzaju stosowanych procesów technologicznych, także celu ich realizacji. Poprawne wykazanie stanu wiedzy w rozważanych zagadnieniach przy zachowaniu poprawnej terminologii stanowi zawsze solidną podstawę do przyjęcia założeń, celu i zakresu kolejnych zadań badawczych dla uzyskania osiągnięć naukowych na dobrym poziomie. Przypuszczam i w pełni przekonany jestem, że Habilitantka uwzględni uwagi do przedstawionego autoreferatu w swojej dalszej pracy naukowej

3. Ocena aktywności naukowej i całokształtu dorobku naukowego

Główne kierunki zainteresowań naukowych scharakteryzowanych w przedłożonym cyklu publikacji powiązanych tematycznie pt. *„Mikrostruktura i właściwości laserowo modyfikowanych warstw powierzchniowych zawierających borki metali wytworzonych na stalach oraz superstopach”* dr inż. Aneta Bartkowska uzupełniła w pracach badawczych prowadzonych w zakresie:

- charakteryzacji procesów wydzielania cząstek faz węglkowych podczas napawania laserowego stali,
- procesów modyfikowania warstwy wierzchniej stalowych elementów maszyn dla rolnictwa,
- opracowania warunków obróbki podzerowej stali narzędziowej,
- charakteryzowania w badaniach mikroskopowych mikrostruktury warstwy wierzchniej wytworzonej podczas obróbki skrawaniem ze wspomaganiem wiązką laserową trudnoobrabialnych nadstopów niklu.

Podkreślić należy, że dr inż. Aneta Bartkowska realizuje swoje badania naukowe we współpracy ze specjalistycznymi ośrodkami w tym obszarze problemów materiałowych m.in. Technical University of Kosice, University of Žilina, Czech Technical University in Prague, Slovak University of Technology in Bratislava także

z ośrodkami krajowymi m.in. Instytutem Metalurgii Żelaza w Gliwicach, Przemysłowym Instytutem Maszyn Rolniczych w Poznaniu. Habilitantka odbyła roczny staż w Slovak University of Technology in Bratislava. Współpracowała – była wykonawcą w projekcie zagranicznym (2017–2019 r.) pt. „*Investigation of the temperature and duration of sub-zero treatment on the mikrostructure and properties of Cr-V tool steel*” koordynowanym przez Slovak University of Technology oraz wykonawcą w projektach finansowanych przez NCBiR m.in. „*Laserowe wspomaganie obróbki skrawaniem nadstopów niklu i stopów tytanu stosowanych w konstrukcjach silników lotniczych*” i „*Opracowanie nowej generacji pieców do azotowania z technologią ZeroFlow Feedback Control*”, także była wykonawcą w projektach LIDER (2).

Dorobek naukowo-badawczy dr inż. Anety Bartkowskiej, który wypracowała w realizowanych badaniach własnych również w projektach i zadaniach badawczych przy szerokiej współpracy z zagranicznymi i krajowymi jednostkami naukowymi, przedstawiony został w 63 jest w większości współautorskich (49 – po doktoracie). 22 artykuły (21 – po doktoracie) zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR. Przedstawiła swoje osiągnięcia również w materiałach specjalistycznych konferencji (17) po doktoracie (14). Zainteresowanie środowiska podjętą przez dr inż. Anetę Bartkowską tematyką badawczą, jak również znaczenie uzyskanych rezultatów potwierdzają pośrednio dane bibliometryczne opublikowanych prac w czasopismach z bazy Web of Science: sumaryczny współczynnik wpływu $\Sigma IF=57,104$: liczba cytowań $n=238$ (164 – bez autocytowań): indeks Hirscha $h=8$.

Analiza przedstawionego do oceny dorobku naukowego dr inż. Anety Bartkowskiej pozwala stwierdzić, że posiada udokumentowane i na wystarczająco dobrym poziomie osiągnięcia naukowe oraz wykazuje dostateczną aktywność naukową w rozwoju wiedzy w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr inż. Aneta Bartkowska prowadzi w ramach działalności dydaktycznej wykłady i ćwiczenia laboratoryjne dla studentów Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej oraz Wydziału Inżynierii Mechanicznej m.in. z przedmiotów: *Podstaw obróbki cieplnej* (wykład) oraz *Obróbki cieplnej i cieplno–chemicznej*, *Podstaw nauki o materiałach*, *Nauki o materiałach z elementami chemii*. Jest współautorem materiałów dydaktycznych dla laboratorium „*Ekomateriały*” i „*Modelowania struktury i właściwości warstw dyfuzyjnych*”.

Pod Jej kierunkiem wykonano 22 prac dyplomowych inżynierskich oraz 11 prac magisterskich. Jest promotorem pomocniczym rozprawy doktorskiej na Wydziale Inżynierii Materiałowej.

Dr inż. Aneta Bartkowska uczestniczy w pracach organizacyjnych dla macierzystego Wydziału i Uczelni. Pełniła funkcję Przewodniczącej Koła Inżynierii Materiałowej (2010–2012 r.) i była członkiem zespołu dla opracowania raportu samooceny dla kierunku Inżynieria Materiałowa. Przygotowała stanowiska do badań odporności na korozję i badań odporności na zużycie w warunkach tarcia oraz sprawuje nad nimi opiekę i kontrolę ich stanu technicznego.

Dr inż. Aneta Bartkowska bierze udział w pracach środowiska naukowego – towarzystwach naukowych. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego (od 2020 r.), Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa (od 2016 r.) i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich (od 2013 r.). Ma także znaczny udział w popularyzacji nauki poprzez wykłady (4) w Poznańskim Festiwalu Nauki i Sztuki POLIFESTIWAL, udział w Targach Edukacyjnych i Nocy Naukowców-Materiałoznawstwo szyte na miarę.

Stwierdzam, że zdecydowana większość kryteriów oceny w zakresie dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego wiedzy oraz współpracy międzynarodowej określone przez ustawę są spełnione przez dr inż. Anetę Bartkowską. Stąd moja dobra ocena Jej działalności w tym obszarze pracy zawodowej.

5. Wniosek końcowy

Dr inż. Aneta Bartkowska wypracowała w wykonywanych badaniach naukowych własnych, także w zadaniach projektów badawczych realizowanych przy współpracy z ośrodkami zagranicznymi, dorobek naukowy na dostatecznie dobrym poziomie i uzyskała dobre doświadczenie w pracy dydaktycznej i organizacyjnej, także we współpracy z przemysłem. W mojej ocenie scharakteryzowane przez dr inż. Anetę Bartkowską osiągnięcia naukowe w cyklu publikacji powiązanych tematycznie pt. „*Mikrostruktura i właściwości laserowo modyfikowanych warstw powierzchniowych zawierających borki metali wytwarzanych na stalach oraz superstopach*” wnoszą wymierny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Stwierdzam na tej podstawie, że całokształt dorobku naukowego dr inż. Anety Bartkowskiej, także aktywność naukowa przedstawiona do oceny w postępowaniu habilitacyjnym, spełnia w stopniu wystarczająco dobrym wymagania stawiane w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r., poz. 85) w zakresie nadawania stopni naukowych i przedstawiam wniosek o nadanie dr inż. Anecie Bartkowskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa.