

RECENZJA
w postępowaniu habilitacyjnym dr Anny Kuli

1. Informacje ogólne

Dr Anna Kula ukończyła studia wyższe na Wydziale Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie w 2005 roku uzyskując tytuł magistra inżyniera na kierunku inżynieria materiałowa na podstawie pracy magisterskiej: „*Wpływ dodatku skandu na strukturę i własności stopów Al-Sc i Al-Sc-Zr*”. W latach 2005-2010 Kandydatka uczęszczała na studia doktoranckie na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH. W lutym 2010 roku Anna Kula uzyskała stopień naukowy doktora nauk technicznych, broniąc pracę doktorską wykonaną pod kierunkiem profesora Ludwika Błaża pt.: „*Analiza wpływu temperatury na strukturę i własności kompozytów Al(Mg)-Nb₂O₅ i Al(Mg)-ZrSi₂*”. Praca doktorska została wyróżniona przez Radę Wydziału Metali Nieżelaznych AGH w Krakowie, a ponadto została uhonorowana Nagrodą Rektora AGH II stopnia oraz Nagrodą Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego. W swojej pracy doktorskiej kandydatka analizowała strukturę i własności kompozytów metalicznych na osnowie stopu Al-Mg z dodatkami reaktywnych chemicznie dodatków umacniających, jak tlenek niobu Nb₂O₅ i krzemek cyrkonu ZrSi₂, wytwarzanych metodą mechanicznej syntezy i konsolidacji proszków stopowych przez prasowanie próżniowe i wyciskanie w podwyższonej temperaturze. Zrealizowana praca stanowiła efekt współpracy naukowej Wydziału Metali Nieżelaznych AGH z Uniwersytetem Nihon w Japonii. Jeszcze przed obroną pracy doktorskiej Anna Kula została zatrudniona na stanowisku asystenta w Katedrze Struktury i Mechaniki Ciała Stałego na Wydziale Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, a następnie adiunkta od 01.01.2011 do chwili obecnej. Po uzyskaniu stopnia doktora niewątpliwym wpływem na rozwój naukowy habilitantki miała współpraca naukowa z prof. Markiem Niewczasem z Mc Master University w Kanadzie, gdzie odbyła 7 staży podoktorskich (jeden 2-letni i później 2-miesięczne) w latach 2011-2018 i gdzie rozwijała tematykę odkształcenia

roztworów stałych magnezu z pierwiastkami ziem rzadkich. Na 19 publikacji w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports, aż 9 stanowią te z prof. Niewczasem.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Habilitantka – dr inż. Anna Kula – przedłożyła do oceny jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie *inżynieria materiałowa* autorską monografię habilitacyjną: pt. **„Mechanizmy i parametry aktywacyjne odkształcenia plastycznego stopów Mg-Gd i Mg-Y zachodzącego w warunkach silnego ograniczenia łatwego poślizgu dyslokacji”** opublikowaną przez Wydawnictwo Naukowe AKAPIT w 2019 roku. Istotnym zagadnieniem opracowanym przez habilitantkę była **charakteryzacja mechanizmów kontrolujących procesy odkształcenia plastycznego w podwójnych stopach Mg-Gd oraz Mg-Y o strukturze roztworów stałych, w temperaturze 298K, 78K oraz 4K, czyli w warunkach, gdzie procesy aktywowane cieplnie są silnie tłumione.** Przeprowadzone badania eksperymentalne pozwoliły na uzyskanie istotnych informacji dotyczących umocnienia podwójnych stopów Mg-Gd oraz Mg-Y wraz z zawartością dodatku stopowego w granicach 0,22 – 1,13 % at. oraz mechanizmów płynięcia plastycznego stopów w zależności od koncentracji dodatku stopowego i warunków deformacji. Autorka stwierdziła, że proces deformacji odbywa się wieloetapowo i zapoczątkowany jest intensywnym procesem bliźniakowania. Wprowadzenie granic bliźniaczych do mikrostruktury badanych stopów przyczynia się do szybkiego wzrostu umocnienia na skutek ograniczenia drogi swobodnej dyslokacji, przy czym maksymalne umocnienie osiąganę jest wówczas, gdy większość materiału jest przetransformowana do nowej orientacji bliźniaczej. Autorka stwierdza, że ze wzrostem dodatków stopowych, proces bliźniakowania jest wyraźnie ograniczany. Proces ten nie jest, zdaniem autorki sterowany wielkością ziarna, lecz modyfikacją pierwotnej orientacji ziaren wskutek odkształcenia, co stanowi istotny czynnik przyczyniający się do wzrostu bliźniakowania. Tłumaczenie to nie jest zbyt jasne i szkoda, że autorka nie przeprowadziła analizy zmiany krytycznego naprężenia bliźniakowania w badanych stopach polikrystalicznych o zbliżonej teksturze w zależności od zawartości dodatku stopowego.

Autorka przeprowadziła szereg zaawansowanych badań mechanicznych jak np. czułości na prędkość odkształcenia, które wskazały, iż niezależnie od warunków deformacji, w temperaturze 298K wraz ze wzrostem dodatków stopowych parametr czułości na prędkość odkształcenia m maleje i osiąga negatywne wartości w przypadku dużych koncentracji Gd oraz Y. W temperaturze 78K zaobserwowano odwrotny efekt tj. wzrost m wraz ze wzrostem zawartości dodatku gadolinu oraz itru w roztworze stałym. Zaobserwowane zmiany parametru m w temperaturze pokojowej można przypisać zjawisku interakcji atomów obcych z dyslokacjami, znanemu jako dynamiczne starzenie odkształceniowe tzw. DSA. Analiza zmian struktury dyslokacyjnej w trakcie procesów odkształcenia przeprowadzona została na podstawie wyników badań własności mechanicznych badanych stopów. Należy żałować, że nie przeprowadzono analizy zmian struktury dyslokacji podobnie jak rozkładu atomów rozpuszczonych metodą HRSTEM w interesującej pracy własnej autorki z prof. Niewczasem [117-monografia], aby potwierdzić te hipotezy także poprzez pomiary zmiany gęstości dyslokacji po odkształceniu, co pozwoliłoby na ocenę czy wzrost naprężenia podczas płynięcia plastycznego spełnia zależność proporcjonalności $\sqrt{\rho}$ czyli do pierwiastka z gęstości dyslokacji. Wyniki te mogłyby być pomocne dla interpretacji mechanizmu umocnienia wraz ze wzrostem ilości pierwiastków rozpuszczonych.

Przeprowadzone badania dowiodły, że stopy Mg-Gd oraz Mg-Y w zakresie roztworu stałego charakteryzują się wyższymi właściwościami plastycznymi niż czysty magnez w badanym zakresie temperatur. Efekt poprawy plastyczności przypisuje się podwyższonej aktywności dyslokacji podstawy oraz $\langle c + a \rangle$ jak również ułatwionemu poślizgowi poprzecznemu dyslokacji na płaszczyznach pryzmatycznych i piramidalnych. Ponadto badania procesu pęknięcia dowiodły, że dodatek Gd oraz Y zmienia charakter pęknięcia badanych materiałów z międzykrystalicznego na transkrystaliczny, co może wynikać z wyższej wytrzymałości kohezynnej granic ziaren na skutek segregacji atomów gadolinu oraz itru.

Przy wysokiej ocenie wartości merytorycznej publikacji habilitacyjnej uważam, że należy zwrócić uwagę habilitantki na nadmierne używanie wyrażen angielskiego pochodzenia w miejscach, gdzie istnieją odpowiedniki polskie. Wymienić tu muszę takie użyte wyrażenia takie jak *kontrybucja – wpływ, kontrybuować – wpływać, system bazalny – system podstawy, kalkulacje – obliczenia, korespondujące figury biegunowe*

– odpowiednie figury biegunowe, akumulacje – gromadzenia, deformacja – odkształcenie (dwa ostatnie są używane dość powszechnie, lecz można je używać wymiennie).

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego należy podkreślić, że osiągnięte wyniki charakteryzują się nowością w skali światowej, w szczególności te dotyczące interpretacji struktury i tekstury odkształconych stopów Mg-Gd i MgY w zakresie niskich temperatur, gdzie wskutek intensywnego bliźniakowania zmienia się mechanizm odkształcenia w stosunku do temperatury pokojowej. Wybrany zakres niskich temperatur odkształcania ma istotne znaczenie z uwagi na to, iż w literaturze brak jest informacji na temat właściwości mechanicznych tej grupy materiałów odkształcanych w przedziale bardzo niskich temperatur. Uzyskane wyniki wykonane we współpracy z grupą prof. Niewczasa z Mc Master University w Kanadzie opublikowano w bardzo dobrych czasopismach naukowych jak *Acta Materialia*, *Philosophical Magazine*, *Journal of Alloys and Compounds* in innych. **Powyższe rozważania pozwalają na stwierdzenie, że pomimo drobnych niedociągnięć wyniki badań i ich interpretacja przedstawione w autorskiej monografii habilitacyjnej dr Anny Kuli: pt. Mechanizmy i parametry aktywacyjne odkształcenia plastycznego stopów Mg-Gd i Mg-Y zachodzącego w warunkach silnego ograniczenia łatwego poślizgu dyslokacji” opublikowanej przez Wydawnictwo Akapit w 2019 roku, w świetle wymogu określonego w art. 16 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami), stanowi osiągnięcie naukowe będące twórczym i znaczącym wkładem Habilitantki w rozwój dyscypliny *inżynieria materiałowa*.**

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Dr inż. Anna Kula po ukończeniu w 2005 roku studiów rozpoczęła studia doktoranckie na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH. Realizowana praca wykonywana pod kierunkiem profesora Ludwika Błaża pt.: „*Analiza wpływu temperatury na strukturę i własności kompozytów Al(Mg)-Nb₂O₅ i Al(Mg)-ZrSi₂*” stanowiła efekt współpracy naukowej Wydziału Metali Nieżelaznych AGH z Uniwersytetem Nihon w Japonii, która jest nadal kontynuowana w obszarze lekkich materiałów metalicznych wytwarzanych na drodze mechanicznej syntezy połączonej z procesami konsolidacji. Już przed

obroną pracy doktorskiej Anna Kula opublikowała dwie publikacje, pierwszą dotyczącą konsolidacji proszków stopów aluminium metodą Kobo w *Journal of Materials Processing Technology* w 2009 roku i drugą w *Archives of Metallurgy and Materials* w tym samym roku.

W lutym 2010 roku habilitantka uzyskała stopień naukowy doktora nauk technicznych i wkrótce została zatrudniona na stanowisku adiunkta na tym Wydziale. Habilitantka kontynuowała prace badawcze w obszarze kompozytów z układów Al-CeO₂, Al(Mg)-CeO₂ oraz Al-AgO. Wyniki prac w tym zakresie opublikowała w czasopiśmie z bazy JCR. Ponadto kandydatka zainteresowała się zagadnieniami szybko-krystalizowanych stopów wysokowytrzymałych na osnowie aluminium, które w ostatnich latach były badane przez wiele jednostek naukowych ze względu na możliwości uzyskania wysokowytrzymałych stopów lekkich. Proces szybkiej krystalizacji często łączono z procesem konsolidacji plastycznej prowadzonej w procesie wyciskania na gorąco, który pozwala na uzyskanie masywnego produktu. Wyniki badań struktury i własności szybko krystalizowanych stopów serii 7000, AlMnMg i AlFeNiMg opublikowano w *Journal of Alloys and Compounds* i innych czasopismach z bazy JCR. Prace z tego zakresu wykonane częściowo w ramach współpracy z Nihon University dotyczą nowoczesnej tematyki i świadczą o szerokich zainteresowaniach autorki odnośnie poszukiwania sposobów podniesienia wytrzymałości stopów lekkich.

Dwuletni staż na Uniwersytecie Mc Master w Kanadzie umożliwił habilitantce rozpoczęcie nowej tematyki badawczej dotyczącej stopów magnezu z dodatkami pierwiastków ziem rzadkich. Habilitantka opanowała tam technikę przygotowania stopów jak też techniki badań strukturalnych i właściwości mechanicznych dla szeregu stopów na bazie Mg z dodatkami takich pierwiastków stopowych jak: Gd, Y, Sm oraz Sc. Celem badań tych stopów była identyfikacja podstawowych mechanizmów kontrolujących proces deformacji plastycznej w niskich temperaturach do 4K oraz poznanie i zrozumienie wzajemnych relacji pomiędzy budową wewnętrzną, a makroskopowymi właściwościami tych stopów. Prace badawcze rozpoczęte w 2011 roku kontynuowano w ramach kolejnych staży poddoktorskich na Uniwersytecie McMaster i uzyskano interesujące wyniki, które opublikowano w 9 czasopismach listy JCR w tym w *Acta Materialia* i *Philosophical Magazine* oraz referowano na 9 konferencjach międzynarodowych. Stanowi to istotny dorobek habilitantki, nie wspominając o istotnych osiągnięciach z tego zakresu dotyczących analizy

właściwości mechanicznych i struktury stopów szczególnie tych odkształcanych w zakresie bardzo niskich temperatur. Zagadnienia te stanowiące podstawę do postępowania habilitacyjnego omówiono szczegółowo w poprzedniej części recenzji.

Dr Anna Kula uczestniczyła ponadto w realizacji 7 projektów finansowych z funduszy Unii Europejskiej i brał czynny udział w realizacji 15 projektów związanych z realizacją projektów badawczych finansowanych przez Komitet Badań Naukowych i Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Tematyka projektów obejmowała badania struktury i własności wieloskładnikowych materiałów nanostrukturalnych oraz powstałych z ich udziałem hybrydowych materiałów kompozytowych, porowatych materiałów biomimetycznych wytwarzanych metodą selektywnego spiekania laserowego, badania struktury amorficznej i nanokrystalicznej masywnych szkieł metalicznych, badania struktury nowo opracowanych wysokomanganowych stali typu TRIP, TWIP i TRIPLEX, badania zmian konduktywności elektrycznej nanorurek węglowych pokrytych nanokryształami metali szlachetnych, nanostrukturalnych powłok na narzędzia do obróbki, funkcjonalnych materiałów narzędziowych na bazie osnowy metalicznej wzmocnianych twardymi fazami węglowymi i inne. Świadczy to o szerokich zainteresowaniach naukowych habilitantki i szerokiej współpracy naukowej także z ośrodkami krajowymi.

Z podsumowania dotychczasowej działalności naukowej dr inż. Anny Kuli na podstawie sumarycznego zestawienia kryteriów Jej osiągnięć, wynika, że dotychczas posiada 19 publikacji z bazy JCR, jej *indeks Hirscha* z bazy *Web of Science* wynosi 7, sumaryczny *impact factor* z bazy JCR wynosi 51,643, ponadto posiada 16 publikacji w recenzowanych materiałach konferencyjnych i liczne prezentacje na konferencjach międzynarodowych, a także kierowała trzema projektami krajowymi i brała udział w wielu innych projektach. Wskaźniki te świadczą o poważnym dorobku naukowym, szczególnie po uzyskaniu stopnia doktora, bardzo dobrym odbiorze jej wyników w środowisku naukowym z dziedziny inżynierii materiałowej, a także o zdolności do samodzielnej pracy naukowej o czym świadczy kierowanie projektami badawczymi. Dotychczasowy dorobek naukowy poparty przez szeroką współpracę międzynarodową i krajową różnorodną tematykę badawczą z głównym nurtem dla metali lekkich, ale także zainteresowaniem materiałami ceramicznymi i kompozytami, wartościowe wspólne publikacje za granicą pozwala moim zdaniem na zdecydowane poparcie wniosku o przyznanie dr Annie Kulin stopnia dr habilitowanego.

4. Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego

Dr inż. Anna Kula z racji pracy na uczelni wyższej prowadzi szereg zajęć dydaktycznych. W latach 2010-2019 habilitantka prowadziła wykłady z takich przedmiotów jak: „*Kompozyty Metaliczne*”, „*Kształtowanie Struktury i Właściwości Materiałów*”, „*Light Metals and Alloys*”, „*Metal Matrix Composites*”, „*Obróbka Ciepła Materiałów*”, „*Obróbka Ciepła Materiałów*” oraz „*Fizyczne i Strukturalne Podstawy Odkształceń Plastycznych*”. Prowadziła także zajęcia w formie laboratorium z takich przedmiotów jak: „*Modelowanie Procesów Strukturalnych*”, „*Obróbka cieplno-mechaniczna*”, „*Obróbka ciepła w procesach przeróbki plastycznej*”, „*Zaawansowane metody badań strukturalnych*”, „*Kompozytowe Materiały Metaliczne*” oraz „*Fizyczne i Strukturalne Podstawy Odkształceń Plastycznych*”, a także zajęcia seminaryjne i ćwiczenia z przedmiotów: „*Kompozyty Metaliczne*”, „*Kompozytowe Materiały Metaliczne*”, „*Light Metals and Alloys*”, „*Metal Matrix Composites*” oraz „*Materiałoznawstwo*”. Będąc zorientowana w tematyce badawczej habilitantka opracowała wykłady i zajęcia seminaryjne nowego przedmiotu *Metal Matrix Composites* znajdującego się w ofercie dydaktycznej UBPO (Uczelniana Baza Przedmiotów Obieralnych) AGH, skierowanej głównie dla studentów zagranicznych. Ponadto dla studentów II stopnia na kierunku Modern Materials, Design and Applications, habilitantka opracowała treść wykładów, zajęć laboratoryjnych oraz zajęć seminaryjnych z przedmiotów *Light Metals and Alloys* oraz *Metal Matrix Composites*. Habilitantka była ponadto w latach 2011-2018 promotorem 12 prac dyplomowych magisterskich oraz 17 prac dyplomowych inżynierskich realizowanych na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH. W tym okresie zrecenzowała również 15 prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich. Jest także opiekunem Studenckiego Koła Naukowego Hexagon działającego przy Pracowni Struktury i Mechaniki Ciała Stałego. Za osiągnięcia w dziedzinie dydaktycznej Dr Anna Kula otrzymała w 2013 roku zespołową nagrodę JM Rektora Politechniki Śląskiej I stopnia.

Habilitantka działa również na polu popularyzacji nauki biorąc udział w organizacji Festiwalu Nauki i Sztuki w Krakowie w latach 2010–2011; opiekowała się także studentami wygłaszającymi referaty w ramach Studenckiej Sesji Kół Naukowych Pionu Hutniczego. W ramach działalności popularyzującej brała udział w „Mieleckim Festiwalu Nauki”, „Dniach Otwartych AGH”, czy „Małopolskiej Nocy Naukowców”. Bierze także czynny udział w krajowym i międzynarodowym życiu naukowym recenzując prace do czasopism naukowych w tym zagranicznych jak *Journal of Alloys*

and Compounds czy Materials Characterization. Jest także członkiem od roku 2009 Polskiego Towarzystwa Węglowego, a od 2014 roku Polskiego Towarzystwa Mikroskopii Elektronowej.

Podsumowując, habilitantka posiada duże doświadczenie w prowadzeniu działalności dydaktycznej w zakresie inżynierii materiałowej zarówno dla przedmiotów podstawowych jak i wykładów monograficznych. Bierze także udział w kształceniu studentów poprzez opiekę nad pracami inżynierskimi i magisterskimi. Habilitantka działa również na polu popularyzacji nauki oraz bierze udział w krajowym i międzynarodowym życiu naukowym recenzując prace do czasopism naukowych i będąc członkiem krajowych towarzystw naukowych.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

W wyniku dokonanej powyżej oceny osiągnięcia naukowego dr Anny Kuli pt. „Mechanizmy i parametry aktywacyjne odkształcenia plastycznego stopów Mg-Gd i Mg-Y zachodzącego w warunkach silnego ograniczenia łatwego poślizgu dyslokacji” oraz całokształtu dorobku naukowo-badawczego, a w szczególności bardzo dobre wskaźniki bibliometryczne, współpraca krajowa i międzynarodowa, a także dorobek dydaktyczny i organizacyjny stwierdzam, że **dr inż. Anna Kula jest dojrzałym, aktywnym i w pełni samodzielnym pracownikiem naukowym o uznanym międzynarodowo dorobku naukowym. Wyniki Jej pracy naukowej stanowią znaczący wkład w poznanie mechanizmów kontrolujących procesy odkształcenia plastycznego podwójnych stopów Mg-Gd oraz Mg-Y o strukturze roztworów stałych, w temperaturach 4 - 298K, a efekty działalności zawodowej spełniają wszystkie wymagania stawiane kandydatom do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w świetle wymogu określonego w art. 16 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami).**

Na tej podstawie z pełnym przekonaniem stawiam wniosek o nadanie dr inż. Annie Kuli stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

