

Dr inż. Agnieszka Szkliniarz
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii

ZAŁĄCZNIK 2A

AUTOREFERAT

**przedstawiający opis osiągnięć naukowych
w języku polskim**

Katowice, 22.10.2018

1. Imię i nazwisko: Agnieszka SZKLINIARZ¹

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe:

2005 – **doktor nauk technicznych** w dyscyplinie *inżynieria materiałowa*, Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Katowice

Temat pracy: Kształtowanie mikrostruktury i właściwości stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl w procesach obróbki cieplnej

Promotor: dr hab. inż. Wojciech Szkliniarz, prof. nzw. w Pol. Śl. – Politechnika Śląska

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Jan Sieniawski – Politechnika Rzeszowska
dr hab. inż. Grzegorz Niewielski, prof. nzw. w Pol. Śl. – Politechnika Śląska

Praca wyróżniona uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii

2001 – **magister inżynier**, kierunek: inżynieria materiałowa, specjalność: inżynieria jakości, Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu, Katowice

Temat pracy: Zmiany struktury i właściwości dwufazowych stopów tytanu podczas cyklicznej obróbki cieplnej z częściowym przekryształizowaniem

Promotor: dr hab. inż. Wojciech Szkliniarz – Politechnika Śląska

2005 – **dyplom** ukończenia studiów podyplomowych *Zarządzanie Organizacjami*, Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

01.10.2001 – 15.12.2005 Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu, Katowice – studentka studiów doktoranckich,

15.12.2006 – do nadal Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Instytut Inżynierii Materiałowej (dawniej Instytut Nauki o Materiałach / Katedra Nauki o Materiałach) – adiunkt.

¹ Do 26.09.2009 roku KOŚCIELNA

4. Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie *Nauki Techniczne* w dyscyplinie *Inżynieria Materiałowa*

Jako **osiągnięcie naukowe**, uzyskane po uzyskaniu stopnia doktora, stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny *Inżynieria Materiałowa*, **wskazuję wyniki badań opublikowane w autorskiej monografii:**

Tytuł: **Stopy tytanu z węglem**
Autor: **Agnieszka Szkliniarz**
Rok wydania: **2018**
Wydawnictwo: **Wydawnictwo Politechniki Śląskiej**
ISBN: **978-83-7880-563-2**
Recenzenci wydawniczy: **Prof. dr hab. inż. Marek Hetmańczyk**
Prof. dr hab. Eugeniusz Łągiewka

Omówienie celu naukowego monografii i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Zastosowanie tytanu – metalu lekkiego i bardzo wytrzymałego, o najwyższej wśród metali wytrzymałości względnej, porównywalnej z platyną odporności korozyjnej, obojętnego biologicznie oraz tworzącego z innymi metalami stopy o unikatowych właściwościach – jest niewspółmierne do jego zalet i możliwości z powodu wysokich kosztów wytwarzania. Podejmując różnorakie działania zmierzające do redukcji kosztów wytwarzania półwyrobów i gotowych wyrobów ze stopów tytanu, zwrócono uwagę na możliwość zastąpienia drogich, ciężkich i trudno dostępnych składników stopowych stosowanych w stopach tytanu – tanimi i dostępnymi zamiennikami w postaci żelaza, manganu, krzemu, chromu i miedzi oraz wspomagającymi ich działanie pierwiastkami międzywęzłowymi w postaci tlenu, azotu i węgla.

Pierwiastki międzywęzłowe występują w tytanie i wszystkich stopach tytanu, dokąd przedostają się ze wsadu podczas topienia. Ich obecność powoduje zwiększenie twardości i wytrzymałości oraz obniżenie plastyczności. Oddziaływanie ich jest zróżnicowane, progresywne i addytywne, stąd już małe zawartości tych pierwiastków mogą powodować niedopuszczalne obniżenie plastyczności. Z tego powodu tlen, azot i węgiel traktowane są jako zanieczyszczenia, a ich zawartość w tytanie i stopach tytanu jest ściśle limitowana. Analizując przydatność poszczególnych pierwiastków międzywęzłowych do roli składników celowo dodawanych do tytanu i stopów tytanu, zainteresowano się węglem, którego siła umacniającego oddziaływania stanowi 2/3 siły oddziaływania tlenu. Ponadto zastosowanie węgla nie powoduje spadku właściwości plastycznych do nieakceptowalnego poziomu, a ograniczona i zmienna rozpuszczalność w stanie stałym stwarzają dodatkowe możliwości umacniania stopów tytanu z węglem w procesach obróbki cieplnej.

Analiza danych literaturowych i wyników badań własnych wykazała pozytywny wpływ węgla na strukturę i właściwości tytanu i stopów tytanu, uzależniony od zawartości węgla oraz innych dodatków stopowych i zanieczyszczeń, przy tym zróżnicowany oraz niepodporządkowany takim samym regułom obowiązującym dla wszystkich stopów. Stwierdzono przy tym, że przedstawione w literaturze informacje dotyczące wpływu węgla na strukturę i właściwości tytanu i stopów tytanu są niepełne, niejednokrotnie poparte jednostkowymi opracowaniami oraz zawierają bardzo wiele niejasności i sprzeczności, a rola węgla w stopach tytanu wciąż budzi wiele wątpliwości.

Głównym celem monografii było kompleksowe porównanie struktury i właściwości wytworzonych technicznie czystego tytanu oraz stopów tytanu o zróżnicowanym składzie chemicznym i fazowym z dodatkiem węgla i ich odpowiedników niezawierających węgla, umożliwiające jednoznaczne określenie roli węgla w różnych stopach tytanu oraz rozstrzygnięcie, czy nadal powinien on być traktowany jako zanieczyszczenie czy też uwzględniając jego pozytywne oddziaływanie, może być rekomendowany do zastosowania w charakterze taniego i łatwo dostępnego składnika o wielorakich, użytecznych funkcjach.

Realizując założony cel przeprowadzono kompleksowe porównanie składu fazowego, struktury i najważniejszych właściwości wytworzonych: technicznie czystego tytanu (Ti) oraz reprezentatywnych stopów tytanu z grup α (Ti-5Al-2,5Sn), pseudo- α (Ti-8Al-1Mo-1V), $\alpha+\beta$ (Ti-6Al-4V), pseudo- β (Ti-15Mo-3Nb-3Al-0,2Si) i β (Ti-33Mo) zawierających maksymalnie dopuszczalną, w świetle obowiązujących zaleceń, zawartość węgla wynoszącą 0,2% mas. i ich dostępnych handlowo odpowiedników niezawierających węgla. W przypadku dwóch najczęściej stosowanych stopów, tj. technicznie czystego tytanu oraz stopu Ti-6Al-4V, zastosowano również większą zawartość węgla wynoszącą 0,5% mas. Wytworzenie materiału do badań dla każdego wybranego stopu z osobna obejmowało kolejno: wytopienie i odlanie do postaci wlewków, przygotowanie wlewków do przeróbki plastycznej, walcowanie na gorąco do postaci prętów oraz zabiegi końcowej obróbki cieplnej. Stopy wytopiono w indukcyjnym piecu próżniowym typu Leicomelt metodą topienia garnisażowego w tyglu miedzianym intensywnie chłodzonym wodą. Wsadem w procesie wytapiania były: technicznie czysty tytan w gatunku Grade 1 i wybrane, dostępne handlowo, komercyjne stopy tytanu w postaci prętów oraz węgiel w postaci antracytu, dodawany do ciekłego stopu pod koniec pierwszego wytopu. W celu uzyskania chemicznej jednorodności stopów stosowano ich powtórny przetop.

Badania porównawcze wytworzonych stopów z węglem i ich odpowiedników niezawierających węgla obejmowały ocenę: składu chemicznego, składu fazowego, wartości stałych sieciowych, temperatury przemian fazowych, makro-, mikro- i substruktury na różnych etapach procesu wytwarzania i przetwarzania, stabilności struktury w podwyższonej temperaturze, skłonności do rozrostu ziarna, podatności do umacniania w procesach obróbki cieplnej, właściwości mechanicznych (wytrzymałościowych i plastycznych w temperaturze pokojowej oraz podwyższonej, twardości, modułu sprężystości wzdłużnej i udarności), podatności do odkształcania plastycznego na gorąco i na zimno, odporności na pełzanie i utlenianie, odporności korozyjnej w wybranych, agresywnych środowiskach i odporności na ścieranie w skojarzeniach z różnymi materiałami.

Wszystkie te badania przeprowadzone w projekcie rozwojowym NCBiR pt. *Opracowanie podstaw technologii wytwarzania w warunkach krajowych konwencjonalnych stopów tytanu oraz stopów o ulepszonych właściwościach spowodowanych obecnością węgla* (N R15 0017 04), w ramach działalności statutowej w pracach pt.: *Wyjaśnienie roli węgla w kształtowaniu właściwości różnych grup stopów Ti* (BKM-327/RM3/2011-2012), *Opracowanie charakterystyk porównawczych stopów tytanu z węglem i bez węgla* (BKM-338/RM3/2012), *Badanie stabilności mikrostruktury stopów tytanu z dodatkiem węgla w procesach długotrwałego wyżarzania* (BK-220/RM3/2013), *Ocena możliwości umocnienia jednofazowych stopów Ti w procesach obróbki cieplnej* (BK-221/RM3/2016) oraz w ramach badań własnych umożliwiły wskazanie pozytywnych, negatywnych i neutralnych skutków dodawania węgla do technicznie czystego tytanu i stopów tytanu w ilości maksymalnie dopuszczalnej (0,2% mas.) i wyższej (0,5% mas.).

W niektórych badaniach eksperymentalnych oraz próbach technologicznych uczestniczyli naukowcy z innych ośrodków zagranicznych i krajowych: ALD Vacuum Technologies AG i Leibniz Universität Hannover – Institut für Elektroprozesstechnik (wytworzenie stopów), TU Bergakademie Freiberg – Institut für Metallformung i Vysoká Škola Báňská TU Ostrava – Katedra Tvareni Materialu (wykonanie badań technologicznej plastyczności i walcowanie stopów), Politechniki Warszawskiej (wykonanie zaawansowanych badań strukturalnych), Instytutu Lotnictwa (wykonanie prób pełzania), Instytutu Metalurgii Żelaza (wykonanie analiz składu chemicznego oraz badań właściwości fizycznych i mechanicznych w temperaturze pokojowej i podwyższonej) i Uniwersytetu Śląskiego (wykonanie specjalnych próbek do badań).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że węgiel dodany do technicznie czystego tytanu i stopów tytanu występuje w granicach maksymalnej rozpuszczalności w roztworach stałych międzywęzłowych na bazie α -Ti i/lub β -Ti, a w pozostałej części w niestechiometrycznych węglkach tytanu typu TiC_x . Węgiel w stopach tytanu zmienia przebieg krystalizacji, która odbywa się z udziałem przemiany eutektycznej $L \rightarrow \beta + TiC_x$ oraz przemiany perytektoidalnej $\beta + TiC_x \rightarrow \alpha$. Węgliki pierwotne powstałe podczas krystalizacji tworzą charakterystyczne łańcuszki i dendryty. W procesach odkształcania plastycznego na gorąco zostają one rozdrobnione na fragmenty o globularnych kształtach i w takiej postaci dekorują granice częściowo zrekrystalizowanych obszarów, utrudniają przebieg procesów odbudowy struktury oraz hamują rozrost ziaren w procesie późniejszego wyżarzania rekrystalizującego.

Efektom badań składu chemicznego, fazowego i struktury wytworzonych stopów tytanu z węglem jest opracowanie schematów zmian struktury na poszczególnych etapach procesu ich wytwarzania i przetwarzania (wytapianie i odlewanie, wyżarzanie ujednorodniające, przeróbka plastyczna na gorąco, wyżarzanie rekrystalizujące i końcowa umacniająca obróbka cieplna) oraz przedstawienie modeli końcowej struktury poszczególnych grup stopów tytanu z węglem wraz ze wskazaniem najważniejszych czynników decydujących o zróżnicowanym wpływie węgla na ich właściwości. Wzbogaceniem tych informacji jest charakterystyka wpływu węgla na wartość stałych sieciowych, temperaturę przemiany, stabilność struktury w warunkach długotrwałego wyżarzania oraz podwyższonej temperatury, a także podatność do umacniania stopów tytanu w procesach obróbki cieplnej.

Porównując właściwości wytworzonych stopów tytanu z węglem i ich odpowiedników niezawierających węgla, ustalono, że węgiel dodany do technicznie czystego tytanu i stopów tytanu powoduje:

- znaczny wzrost wytrzymałości na rozciąganie i umownej granicy plastyczności oraz twardości. Wzrost ten jest większy, jeśli węgiel występuje w roztworze stałym międzywęzłowym α (technicznie czysty tytan oraz stopy α i pseudo- α), mniejszy natomiast jeśli występuje on w niestechiometrycznych węglkach TiC_x (stopy pseudo- β i β z dużym udziałem fazy β w strukturze),
- nieistotne zmiany właściwości plastycznych, a właściwości plastyczne stopów pseudo- β i β są nawet wyższe od właściwości stopów niezawierających węgla za sprawą występujących w strukturze tych stopów niestechiometrycznych węglków TiC_x pełniących rolę tzw. odtleniaczy,
- podwyższenie modułu sprężystości wzdłużnej, co ma duże znaczenie dla tytanu i stopów tytanu charakteryzujących się względnie niskimi, w porównaniu ze stopami innych metali, np. żelaza, wartościami modułu sprężystości wzdłużnej,
- obniżenie udarności (pracy łamania) stopów tytanu w stanie wyżarzonym i w znacznie większym stopniu w stanie umocnionym, prawdopodobnie za sprawą obecności w strukturze dużych węglków pierwotnych, które mogą inicjować proces pękania,
- poprawę odporności na pełzanie stopów tytanu w stanie wyżarzonym i w znacznie większym stopniu w stanie umocnionym, m.in. przez obniżenie prędkości i wydłużenie czasu ustalonego pełzania, opóźnienie procesu przechodzenia w stan nieustalonego pełzania czy wydłużenie czasu odpowiadającego określonym wartościom odkształcenia towarzyszącego pełzaniu. Wskazano na ważną rolę węglków pierwotnych, które umiejscowione na granicach ziaren, miejscach szczególnie ważnych dla przebiegu procesu pełzania, utrudniają ich poślizg,
- poprawę odporności na utlenianie stopów tytanu, a przyczyn tego prawdopodobnie należy upatrywać w zmniejszeniu aktywności dyfuzyjnej tlenu przez ograniczenie jego rozpuszczalności w przestrzeniach międzywęzłowych faz α i β zajętych przez atomy węgla,
- zwiększenie o 40÷75% wartości maksymalnego naprężenia uplastyczniającego. Obecność węgla opóźnia procesy rekrytalizacji dynamicznej odpowiedzialnej za odbudowę struktury i rozdrobnienie ziarna oraz sprawia, że konieczne staje się zastosowanie dodatkowego wyżarzania rekrytalizującego. Stwierdzono negatywny wpływ węgla na podatność stopów tytanu do odkształcania plastycznego w temperaturze pokojowej, co przekłada się na ograniczone możliwości odkształcania na zimno technicznie czystego tytanu zawierającego węgiel i praktycznie brak możliwości odkształcania stopów tytanu z dodatkiem węgla,
- poprawę odporności na zużycie ściernie stopów tytanu w warunkach tarcia suchego. Jego efektami są: zmniejszenie wartości współczynnika tarcia, wyeliminowanie lub skrócenie etapu docierania zakończone ustabilizowaniem wartości współczynnika tarcia, oraz

zmniejszenie wartości ubytku masy i wskaźników charakteryzujących chropowatość powierzchni śladu wytarcia,

- niewielkie przesunięcie potencjału przechodzenia w stan aktywności korozyjnej w kierunku większych, ujemnych wartości oraz zwiększenie wartości gęstości prądu korozyjnego na etapie przechodzenia do stanu pasywnego lub pseudo-pasywnego. Nie potwierdzono negatywnego wpływu węgla na odporność korozyjną technicznie czystego tytanu i stopów tytanu, niezmiernie ważną w kontekście wyjątkowej odporności korozyjnej tych tworzyw,
- poprawę stabilności struktury i właściwości stopów tytanu w temperaturze podwyższonej i wysokiej. Stwierdzono, że węgliki pierwotne rozmieszczone na granicach ziaren bogatych w fazę β stopów pseudo- β i β stanowią skuteczną barierę hamującą rozrost ziarna w warunkach obróbki cieplnej, prowadzonej nawet w temperaturze zakresu stabilności fazy α . Może to mieć duże znaczenie dla stopów tytanu wykazujących skłonność do anomalnego rozrostu ziarna w tym zakresie temperatury, zwłaszcza wobec braku możliwości późniejszego rozdrobnienia ziarna w procesach obróbki cieplnej,
- poprawę obrabialności cieplnej przez spowodowanie niewystępujących dotychczas możliwości umacniania technicznie czystego tytanu i stopów α w połączonych procesach przesycania i starzenia. Stwierdzono bowiem, że zmieniająca się z temperaturą rozpuszczalność węgla w fazie α umożliwia częściowe rozpuszczanie węglików pierwotnych podczas wygrzewania poprzedzającego przesycanie i ponowne ich wydzielanie w postaci bardzo drobnych węglików wtórnych podczas późniejszego starzenia, co skutkuje znaczącym wzrostem umocnienia.

Podsumowując wpływ węgla na strukturę i właściwości stopów tytanu, stwierdzono, że węgiel w ilości 0,2% mas. (przekraczającej aktualnie występującą zawartość – 0,08% mas. – i nie przekraczającej maksymalnie dopuszczalnej zawartości) dodany do technicznie czystego tytanu i stopów tytanu, występując w roztworach stałych międzywęzłowych oraz niestechiometrycznych węglkach tytanu, powoduje ulepszenie ich właściwości przez znaczne zwiększenie właściwości wytrzymałościowych i twardości, zwiększenie modułu Younga, odporności na pełzanie, utlenianie i zużycie ścierne, obrabialności cieplnej przez stworzenie możliwości umacniania w połączonych procesach przesycania i starzenia oraz stabilności struktury w podwyższonej temperaturze i zmniejszenie skłonności do rozrostu ziarna. Nie powoduje przy tym pogorszenia plastyczności, odkształcalności na gorąco i odporności na korozję. Negatywnymi skutkami obecności 0,2% mas. węgla w stopach tytanu jest pogorszenie udarności (praca łamana) i odkształcalności na zimno.

Tylko w nielicznych przypadkach (odporność na pełzanie i utlenianie oraz skłonność do rozrostu ziarna) stwierdzono pozytywny wpływ podwyższonej zawartości węgla (0,5% mas.) na właściwości tytanu i stopów tytanu. Ten sam dodatek spowodował obniżenie: plastyczności, odkształcalności na gorąco, odporności na korozję, a nawet wytrzymałości oraz niedopuszczalne obniżenie udarności i odkształcalności na zimno.

Oznacza to, że dodatek 0,2% mas. węgla do tytanu i stopów tytanu spełnia większość oczekiwań odnośnie pozytywnego wpływu węgla na właściwości. Wydaje się również, że w przypadkach szczególnych wymagań dotyczących właściwości negatywnie reagujących na obecność węgla celowe byłoby obniżenie jego zawartości do poziomu umożliwiającego całkowite rozpuszczenie węgla w fazie α i/lub w fazie β .

W szczegółowych badaniach dotyczących wpływu węgla na właściwości poszczególnych grup stopów tytanu ustalono, że węgiel w największym stopniu oddziałuje na właściwości technicznie czystego tytanu i stopów α , w mniejszym na właściwości stopów pseudo- α i $\alpha+\beta$, a w najmniejszym na właściwości stopów pseudo- β i β .

Ustalono, że przyczyn zróżnicowanego wpływu węgla na właściwości technicznie czystego tytanu (Ti) oraz stopów α , pseudo- α , $\alpha+\beta$, pseudo- β i β należy upatrywać w ich składach chemicznym i fazowym. W osnowie stopów o różnej zawartości aluminium stabilizującego fazę α oraz różnej zawartości pierwiastków stabilizujących fazę β (molibden, wanad, niob) występuje faza α o dużej rozpuszczalności węgla i faza β o małej rozpuszczalności węgla we wzajemnych proporcjach zmieniających się od 0 do 100%. To z kolei determinuje, w jakiej części węgiel występuje w roztworach stałych faz α i β , a w jakiej części w niestechiometrycznych węglkach TiC_x , przekładając się na różny dla poszczególnych grup stopów wpływ węgla.

Wykazano, że składniki stopowe występujące w stopach tytanu z węglem w różnym charakterze (stabilizujące fazę α , stabilizujące fazę β lub neutralne) wywierają bardzo duży wpływ na rozpuszczalność węgla w stopach tytanu, decydując tym samym o rozdziale węgla pomiędzy osnowę stopu w postaci roztworów stałych α i/lub β oraz węgliki TiC_x . Im mniej w stopach tytanu z węglem aluminium – pierwiastka stabilizującego fazę α o większej rozpuszczalności węgla i zwiększającego rozpuszczalność węgla w tej fazie – oraz więcej pierwiastków stabilizujących fazę β (molibden, wanad, niob) i zmniejszających rozpuszczalność węgla w tej fazie, tym większa wartość ułamka powierzchni zajmowanej przez węgliki w strukturze stopów. Stąd w bogatych w aluminium stopach tytanu z węglem i technicznie czystym tytanie węgiel występuje głównie w roztworze stałym α , natomiast w stopach ubogich w aluminium i z dominującą fazą β węgiel występuje głównie w niestechiometrycznych węglkach typu TiC_x .

Wyniki przeprowadzonego porównania składu fazowego, struktury i najważniejszych właściwości technicznie czystego tytanu oraz reprezentatywnych stopów tytanu z grup α , pseudo- α , $\alpha+\beta$, pseudo- β i β zawierających maksymalnie dopuszczalną, w świetle obowiązujących zaleceń, zawartość węgla, która wynosi ok. 0,2% mas. i ich odpowiedników niezawierających węgla, w postaci pozytywnych, negatywnych i neutralnych efektów wpływu węgla na właściwości stopów tytanu, umożliwiły:

- **pozyskanie zwartego materiału źródłowego o strukturze i właściwościach różnych grup stopów tytanu z węglem i ich dostępnych handlowo odpowiedników niezawierających węgla, umożliwiającego ich bezpośrednie porównanie w stopniu aktualnie niedostępnym w literaturze przedmiotu,**

- wykazanie, że przy kontrolowanej zawartości do ok. 0,2% mas. węgiel w stopach tytanu nie jest zanieczyszczeniem, lecz składnikiem mogącym pełnić wiele użytecznych funkcji, różnych dla poszczególnych grup stopów,
- wykazanie, że dodanie 0,2% mas. węgla do technicznie czystego tytanu i stopów tytanu powoduje znaczące ulepszenie większości ich właściwości, zwłaszcza właściwości wytrzymałościowych i twardości, przy jedynie negatywnych skutkach w postaci niewielkiego pogorszenia udarnośći i odkształcalności na zimno,
- opracowanie schematów zmian struktury i właściwości różnych grup stopów tytanu z węglem na etapach: krystalizacji, wyżarzania ujednorodniającego, przeróbki plastycznej na gorąco, wyżarzania rekrytalizującego i końcowej, umacniającej obróbki cieplnej, ze wskazaniem i uwzględnieniem mechanizmów powodujących zróżnicowane oddziaływanie węgla na strukturę i właściwości poszczególnych grup stopów.

Powyższe ustalenia i wyniki przeprowadzonych badań stanowią ważne osiągnięcie naukowe, a poszerzając wiedzę o tytanie i stopach tytanu wnoszą oryginalny, znaczący wkład w rozwój dyscypliny *inżynieria materiałowa*, zwłaszcza w obszarze tej wyjątkowej i bardzo perspektywicznej grupy materiałów.

Wymiernymi efektami badań posiadającymi użytkowe znaczenie, których wyniki opublikowano w autorskiej monografii pt. *Stopy tytanu z węglem* są:

- nowe stopy tytanu o ulepszonych właściwościach spowodowanych dodatkiem węgla,
- bogaty materiał źródłowy dotyczący struktury i najważniejszych właściwości użytkowych technicznie czystego tytanu i stopów tytanu zawierających 0,2 i 0,5% mas. węgla (niektóre stopy) oraz ich komercyjnych odpowiedników niezawierających węgla – w stopniu dotąd niespotykanym w dostępnych kartach materiałowych, bazach materiałowych i literaturze przedmiotu,
- wskazanie możliwości zastąpienia drogich, ciężkich i trudno dostępnych składników stopowych stosowanych w stopach tytanu – tanim i dostępnym zamiennikiem w postaci węgla o zawartości nie przekraczającej 0,2 mas., maksymalnie dopuszczalnej w świetle obowiązujących zaleceń,
- prognozy dotyczące stosowania w niedalekiej przyszłości niewielkiego dodatku węgla do każdego stopu tytanu jako obowiązkowego standardu.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

5.1. Działalność naukowo-badawcza prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

Studia magisterskie na Wydziale Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu Politechniki Śląskiej w Katowicach ukończyłam w 2001 roku z wynikiem bardzo dobrym, uzyskując tytuł magistra inżyniera inżynierii materiałowej o specjalności inżynieria jakości.

1 października 2001 roku rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu. Od początku swojej działalności naukowej, w latach 2001-2004, zajmowałam się zagadnieniami związanymi z technologią wytwarzania i przetwarzania stopów na osnowie faz międzymetalicznych z układów Ti-Al i Fe-Al, koncentrując swoje zainteresowania na możliwościach efektywnego wykorzystania obróbki cieplnej na poszczególnych etapach tych procesów. Badania, których większość posiadała charakter nowatorski, realizowałam m.in. będąc wykonawcą zadania pt. *Opracowanie podstaw technologii wytwarzania elementów konstrukcyjnych ze stopów na osnowie faz międzymetalicznych z układów Ti-Al i Fe-Al* w projekcie zamawianym KBN pt. *Stopy na osnowie faz międzymetalicznych – technologia, struktura, właściwości i zastosowanie* (PBZ-KBN-041/T08/2001) i projektu własnego KBN pt. *Kształtowanie struktury wytapianych i odlewanych próżniowo stopów na osnowie faz międzymetalicznych z układu Ti-Al* (7 T08A 003 21). Wymiernym efektem badań zespołów wykonawczych tych projektów było m.in. opracowanie podstaw nowej technologii wytwarzania reaktywnych stopów na osnowie TiAl. Dzięki jej zastosowaniu, bez ponoszenia jakichkolwiek nakładów inwestycyjnych, wykorzystując klasyczne piece indukcyjne i tanie tygle ceramiczne z powłokami ochronnymi, wytworzono po raz pierwszy w Polsce dobre jakościowo stopy przydatne zarówno do odlewania, jak i do przeróbki plastycznej na gorąco. Poddane specjalnym zabiegom cyklicznej obróbki cieplnej uzyskały właściwości porównywalne z właściwościami analogicznych stopów wytwarzanych w piecach z zimnym tygłem miedzianym. Opracowano także podstawy technologii wytwarzania stopów na osnowie FeAl o bardzo małej zawartości zanieczyszczeń oraz walcowania ich w szerokim zakresie temperatury oraz prędkości odkształcania bez używania metalowych osłon.

Prace nad możliwościami efektywnego wykorzystania obróbki cieplnej w procesach wytwarzania i przetwarzania stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl kontynuowałam w latach 2004-2005 w projekcie promotorskim KBN pt. *Kształtowanie mikrostruktury i właściwości stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl w procesach obróbki cieplnej* (3 T08A 059 26), którego byłam głównym wykonawcą. Wymiernym efektem moich badań w tym projekcie była obroniona z wyróżnieniem przed Radą Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej w dniu 13 grudnia 2005 roku rozprawa doktorska pt. *Kształtowanie mikrostruktury i właściwości stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl w procesach obróbki cieplnej*, w której zaprezentowano podstawy nowatorskiej technologii dwuetapowej obróbki cieplnej, składającej się z połączonych, niekonwencjonalnych zabiegów cyklicznej obróbki cieplnej i wyżarzania niezupełnego do rozdrabniania ziarna oraz kształtowania właściwości stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl.

Efektom działalności tego okresu jest dorobek naukowy w postaci 25 publikacji, w tym 10 bezpośrednio związanych z rozprawą doktorską, m.in. w czasopismach krajowych: *Zmiany mikrostruktury i właściwości dwufazowych stopów tytanu podczas cyklicznej obróbki cieplnej* (Inżynieria Materiałowa, 2002, 6), *Rola obróbki cieplnej w procesach wytwarzania i przetwarzania stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl* (Inżynieria Materiałowa, 2003, 6), *Microstructure and properties formed by processing of FeAl based alloy* (Inżynieria Materiałowa, 2004, 3), *Wykorzystanie cyklicznej obróbki cieplnej do rozdrabniania ziarna stopu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl* (Inżynieria Materiałowa, 2004, 6), *Wpływ parametrów cyklicznej obróbki cieplnej na rozdrobnienie ziarna stopu Ti-48Al-2Cr-2Nb*

(Inżynieria Materiałowa, 2006, 3), *Wykorzystanie zjawiska pogrubiania nieciągłego do rozdrabniania ziarna stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl* (Materiały i Technologie, 2006, 4), w czasopismach indeksowanych w bazie Web of Science: *Substructure of titanium alloys after cyclic heat treatment* i *Microstructure and chemical composition of phases in Ti-48Al-2Cr-2Nb intermetallic alloy* (Materials Chemistry and Physics, 2003, v. 81, No. 2-3) oraz 13 wystąpień na konferencjach krajowych i zagranicznych, w tym m.in. podczas prestiżowej 10th World Conference on Titanium w Hamburgu w 2003 roku, których treści pt.: *The chemical composition, structure and properties of gamma-TiAl intermetallic phase based alloys melted in vacuum induction furnaces in ceramic crucibles* oraz *Effects of boron, carbon and gadolinium additions on the microstructure and grain size of Ti-48Al-2Cr-2Nb alloy* zostały rok później opublikowane w monograficznym wydaniu pt. *Ti-2003 Science and Technology* nakładem wydawnictwa WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

W marcu 2005 roku ukończyłam dwusemestralne studia podyplomowe w zakresie *Zarządzania Organizacjami*.

5.2. Działalność naukowo-badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Przed rozpoczęciem pracy na stanowisku adiunkta w Katedrze Nauki o Materiałach Politechniki Śląskiej w okresie od 1 czerwca do 14 grudnia 2006 roku odbyłam płatny staż w należącym do Grupy FAMUR SA Polskim Centrum Techniki Górniczej Sp. z o.o. (obecnie Famur Institute Sp. z o.o.) w Katowicach na stanowisku specjalisty ds. inżynierii materiałowej, od września kierownika sekcji inżynierii materiałowej. W tym czasie podejmowałam różne działania wynikające z potrzeb Grupy FAMUR SA oraz samodzielnie kierowałam projektem dotyczącym analizy jakości procesów obróbki cieplno-chemicznej kół zębatych wytwarzanych z różnych gatunków stali. Wyniki tego projektu zostały wykorzystane w procesie modernizacji Wydziału obróbki cieplno-chemicznej kół zębatych należącego do Grupy FAMUR SA.

W latach 2005-2007 w projekcie własnym MNiI pt. *Wykorzystanie wieloetapowej obróbki cieplnej do rozdrabniania ziarna stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl* (3 T08A 036 28), będącym kontynuacją projektu promotorskiego pt. *Kształtowanie mikrostruktury i właściwości stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl w procesach obróbki cieplnej*, jako główny wykonawca, zajmowałam się problematyką kształtowania mikrostruktury i właściwości stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl. Badania z tym związane prowadziłam w okresie poprzedzającym obronę rozprawy doktorskiej oraz po zatrudnieniu z dniem 15.12.2006 roku na stanowisku adiunkta w Katedrze Nauki o Materiałach Politechniki Śląskiej. Najważniejszym efektem badań prowadzonych w ramach tego projektu był nowy sposób kształtowania, uważanej za optymalną dla tej grupy stopów, płytkowej mikrostruktury o umiarkowanej wielkości ziarna, bez udziału odkształcenia plastycznego, wyłącznie zabiegami wieloetapowej obróbki cieplnej składającej się z kolejno następujących po sobie zabiegów: wyżarzania ujednorodniającego, cyklicznej obróbki cieplnej, wyżarzania niezupełnego oraz krótkotrwałego wyżarzania zupełnego. Skuteczność zaproponowanej wieloetapowej obróbki cieplnej została potwierdzona na półwyrobach i gotowych wyrobach o różnych kształtach i przekrojach, wykonanych ze stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl o różnym składzie chemicznym i zróżnicowanej mikrostrukturze wyjściowej. Dotychczas

dla uzyskania podobnej mikrostruktury stosowano trudne technologicznie połączone procesy przeróbki plastycznej na gorąco i kontrolowanego rozrostu ziarna w warunkach wyżarzania zupełnego. Ważnym poznawczym efektem realizacji projektu były także schematy zmian struktury na poszczególnych etapach proponowanej obróbki cieplnej, pokazujące m.in. mechanizmy odpowiedzialne za uzyskany efekt rozdrobnienia ziarna. Wyniki badań tego projektu prezentowano m.in. w publikacjach pt.: *Mechanism of TiAl intermetallic alloys grain refinement in cyclic heat treatment* (Inżynieria Materiałowa, 2007, 3-4), *Quantitative description of TiAl based alloy microstructure after cyclic heat treatment* (Inżynieria Materiałowa, 2008, 4), *Effect of cyclic heat treatment parameters on the grain refinement of Ti-48Al-2Cr-2Nb alloy* (Materials Characterization, 2009, 60) oraz na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

W realizowanym w latach 2006-2008 projekcie badawczym MNiI pt. *Zastosowanie wysokotemperaturowej obróbki wodorowej do kształtowania mikrostruktury i właściwości dwufazowych stopów tytanu* (3 T08A 037 30) którego byłam wykonawcą, zajmowałam się oceną możliwości wykorzystania różnych wariantów wysokotemperaturowej obróbki wodorowej, zwłaszcza tych z wykorzystaniem zabiegów cyklicznej obróbki cieplnej, do uplastycznienia oraz rozdrabniania ziarna dwufazowych, gruboziarnistych stopów tytanu.

Wykorzystując wcześniejsze doświadczenia w zakresie wytwarzania i przetwarzania stopów na podstawie faz międzymetalicznych z układu Fe-Al, w latach 2007-2010 kontynuowałam badania dotyczące tych stopów będąc głównym wykonawcą projektu rozwojowego MNiSW pt. *Opracowanie podstaw technologii kształtowania plastycznego elementów konstrukcyjnych z wieloskładnikowych stopów na podstawie faz międzymetalicznych z układu Fe-Al* (R07 018 02). Głównym celem i wynikiem tego projektu było opracowanie podstaw taniej technologii kształtowania plastycznego elementów konstrukcyjnych w postaci prętów, kształtowników, płaskowników i blach, stwarzającej perspektywę do wykorzystania tej interesującej grupy materiałów w różnych gałęziach krajowego przemysłu. Najważniejsze wyniki badań uzyskanych w tym projekcie z moim udziałem, zostały opublikowane, m.in. w czasopiśmie: *Inżynieria Materiałowa* i *Hutnik - Wiadomości Hutnicze* oraz zaprezentowane na 15th International Scientific Conference on the Plasticity of Materials „Forming 2008” – Brno’2008 i VIII International Conference on Stereology and Image Analysis in Materials Science STERMAT – Zakopane’2008.

Od 2007 roku rozszerzyłam obszar swoich zainteresowań naukowych o zagadnienia dotyczące nowej grupy stopów Cu-Ti-X (brązy tytanowe), m.in. w realizowanym w latach 2007-2010 projekcie rozwojowym MNiSW pt. *Nowe stopy Cu-Ti-X do zastosowania jako zamienniki brązów berylowych* (R15 004 02), którego byłam głównym wykonawcą. Badania w projekcie dotyczyły kompleksowego opracowania podstaw procesowych technologii wytwarzania i przetwarzania do postaci półwyrobów i gotowych wyrobów z wykorzystaniem technologii topienia, odlewania, przeróbki plastycznej i obróbki cieplnej nowej grupy stopów typu Cu-Ti-X (brązy tytanowe). Wymiernymi efektami tego projektu było wytworzenie brązów tytanowych o wytrzymałości i konduktywności porównywalnej z właściwościami toksycznych brązów berylowych, których mają być zamiennikami, określenie podstaw procesowych wytwarzania i przetwarzania tych stopów oraz poznanie zjawisk i procesów kształtujących ich mikrostrukturę i właściwości. W trakcie realizacji tego projektu sprawowałam opiekę naukową (odpowiadającą dzisiejszej roli promotora pomocniczego) nad doktorantką mgr inż. Anną

Dudzik-Truś, która w projekcie prowadziła badania do swojej rozprawy doktorskiej. Opisowi zjawisk i procesów kształtujących mikrostrukturę i właściwości stopów Cu-Ti-X poświęcono publikacje w czasopismach: *Rudy i Metale Nieżelazne*, *Inżynieria Materiałowa* i *Archives of Metallurgy and Materials* oraz prezentacje na IV Krajowej Konferencji „Nowe materiały – nowe technologie w przemyśle okrętowym i maszynowym” – Międzyzdroje’2009.

Pozytywne wyniki badań nad otrzymywaniem bogatych w tytan, reaktywnych stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl stanowiły podstawę wystąpienia do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z wnioskiem o finansowanie projektu rozwojowego pt. *Opracowanie podstaw technologii wytwarzania w warunkach krajowych konwencjonalnych stopów tytanu oraz stopów o ulepszonych właściwościach spowodowanych obecnością węgla* (N R15 0017 04). Głównym celem tego kierowanego przeze mnie projektu, realizowanego w latach 2008-2011, było opracowanie podstaw – nie wymagającej dużych nakładów inwestycyjnych i możliwej do zastosowania w kraju – technologii wytwarzania technicznie czystego tytanu, konwencjonalnych stopów tytanu oraz stopów tytanu o ulepszonych właściwościach spowodowanych dodatkiem węgla, opartej na przerobie importowanej gąbki tytanowej i powstających w kraju odpadach. Efektem przeprowadzonych badań była dokumentacja technologiczna w formie ciągu instrukcji opisujących najważniejsze operacje dotyczące wykonania specjalnych tygli ceramicznych do topienia, przygotowania materiałów wsadowych, formy odlewniczej, tygla i pieca do wytopu, realizacji wytopu oraz kontroli składu chemicznego i czystości wytworzonych stopów. Przeprowadzone badania wykazały możliwość wytapiania w warunkach krajowych technicznie czystego tytanu i stopów tytanu o założonym składzie chemicznym i odpowiedniej czystości w specjalnych tyglach wykonanych z tlenku wapnia stabilizowanego fluorkiem wapnia lub z węgla krzemu pokrytego nanoszoną ręcznie powłoką wykonaną z cyrkonianu strontu. Ustalono także, że po dodaniu węgla stopy te wykazują ulepszone właściwości w stosunku do stopów nie zawierających węgla, w postaci wyższej wytrzymałości w temperaturze pokojowej i podwyższonej, wyższej wytrzymałości na pełzanie i odporności na utlenianie, a także odporności korozyjnej w niektórych agresywnych środowiskach. Ustalenia tego projektu powinny ułatwić w przyszłości potencjalne uruchomienie w kraju produkcji stopów tytanu, w tym także nowej grupy stopów o ulepszonych właściwościach, opartej na wytapianiu w indukcyjnych piecach próżniowych ze specjalnymi tyglami ceramicznymi. Wyniki badań o charakterze poznawczym, uzyskane podczas realizacji tego projektu, opublikowano w czasopismach krajowych (*Inżynieria Materiałowa*, *Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji*) i zagranicznych (*Solid State Phenomena*) oraz zaprezentowano na: IV Krajowej Konferencji „Nowe materiały – nowe technologie w przemyśle okrętowym i maszynowym” – Międzyzdroje’2009, X Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Tytan i jego stopy” – Kazimierz Dolny’2009 i IX International Conference on Stereology and Image Analysis in Materials STERMAT – Zakopane’2012.

Wyniki badań tego projektu, zwłaszcza w części dotyczącej stopów o ulepszonych właściwościach spowodowanych obecnością węgla, uzupełnione wynikami badań przeprowadzonymi w ramach działalności statutowej w kierowanych przeze mnie pracach pt.: *Wyjaśnienie roli węgla w kształtowaniu właściwości różnych grup stopów Ti* (BKM-327/RM3/2011-2012), *Opracowanie charakterystyk porównawczych stopów tytanu z węglem i bez węgla* (BKM-338/RM3/2012), *Badanie stabilności mikrostruktury stopów tytanu z dodatkiem węgla w procesach długotrwałego wyżarzania* (BK-220/RM3/2013), *Ocena*

możliwości umocnienia jednofazowych stopów Ti w procesach obróbki cieplnej (BK-221/RM3/2016) oraz wynikami badań własnych były podstawą opracowania autorskiej monografii pt. *Stopy tytanu z węglem* (Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2018) – przedstawionej jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się przeze mnie o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego.

W latach 2010-2013 uczestniczyłam w charakterze głównego wykonawcy w realizacji dużego projektu rozwojowego NCBiR pt. *Opracowanie podstaw technologii wytwarzania stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl przeznaczonych na elementy silników lotniczych* (N R15-0019-10), którego głównym celem było opracowanie podstaw technologii wytwarzania lekkich stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl o wysokiej wytrzymałości względnej oraz dobrej odporności na pełzanie i utlenianie, i wykonanie z nich dobrych jakościowo elementów silników lotniczych z odpowiednio ukształtowaną mikrostrukturą i osadzoną na ich powierzchni powłoką żaroodporną. Projekt obejmował zaprojektowanie składów chemicznych stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl, opracowanie podstaw technologii wytwarzania stopów metodami metalurgii próżniowej w indukcyjnych piecach ze specjalnymi tyglami ceramicznymi, opracowanie podstaw technologii odlewania wybranych elementów silników lotniczych w postaci łopatki turbiny niskiego ciśnienia, dobór parametrów specjalnej obróbki cieplnej, wytworzenie specjalnych powłok zwiększających odporność na utlenianie wytworzonych elementów ze stopów na osnowie TiAl oraz charakterystykę podstawowych właściwości użytkowych elementów silnika lotniczego wytworzonych ze stopu na osnowie TiAl. W projekcie w obszarze moich zadań, zgodnie ze zdobytą wcześniej wiedzą i doświadczeniem w zakresie inżynierii stopów na osnowie TiAl, znalazło się opracowanie podstaw technologii wytwarzania stopów metodami metalurgii próżniowej w indukcyjnych piecach ze specjalnymi tyglami ceramicznymi oraz dobór parametrów specjalnej obróbki cieplnej w postaci połączonych zabiegów wyżarzania ujednorodniającego, cyklicznej obróbki cieplnej, długotrwałego wyżarzania niepełnego i krótkotrwałego wyżarzania pełnego. Podsumowaniem badań i doświadczeń nabytych w trakcie realizacji projektu była dokumentacja technologiczna przedstawiająca kompletną kampanię wytwarzania stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl i wykonywania z tych stopów drogą odlewania, izostatycznego prasowania na gorąco, końcowej obróbki cieplnej, wykańczającej obróbki skrawaniem i obróbki powierzchniowej gotowych elementów silników lotniczych o wymaganych właściwościach użytkowych w oparciu o istniejące w kraju urządzenia oraz nagromadzony zasób wiedzy i doświadczeń technologicznych. Wyniki badań o charakterze poznawczym, uzyskane podczas realizacji tego projektu, opublikowano w *Inżynierii Materiałowej* i w prestiżowych czasopismach o zasięgu międzynarodowym: *Solid State Phenomena*, *Surface and Coatings Technology*, *Materials Science and Technology*, *Coatings* oraz prezentowano na XI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Tytan i jego stopy – 2011” – Myczkowce’2011, IX International Conference on Stereology and Image Analysis in Materials STERMAT – Zakopane’2012, XII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Tytan i jego stopy – 2015” – Zawiercie’2015 oraz XIII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Tytan i jego stopy” – Janów Podlaski’2017.

W latach 2015-2017 w projekcie badawczym NCBiR i Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej pt. *Innowacyjna technologia przetwarzania drutu ze zużytych opon do postaci pełnowartościowego produktu w procesie metalurgicznym*

(GEKON2/O5/268809/19/2015), realizowanym przez konsorcjum Śląskie Towarzystwo Handlowe Kupiec S.A., Politechnikę Śląską oraz Instytut Metalurgii Żelaza w Gliwicach, uczestniczyłam w charakterze wykonawcy w realizacji dwóch zadań pt.: *Opracowanie podstaw procesowych wytwarzania stalowej walcówki* oraz *Opracowanie podstaw procesowych wytwarzania drutu stalowego*. W ramach tych zadań zajmowałam się m.in. charakteryzowaniem struktury materiału na różnych etapach wytwarzania stalowej walcówki w procesach wieloprzepustowego walcowania na gorąco i przetwarzania jej do postaci wysokowytrzymałego drutu w procesach wieloetapowego ciągnięcia na zimno rozdzielonego międzyoperacyjnym patentowaniem. Przeprowadzone w projekcie badania potwierdziły, że złom stalowy ze zużytych opon samochodowych może być pełnowartościowym produktem do produkcji półwyrobów stanowiących wsad w procesie wytwarzania walcówki, z której w procesie ciągnięcia na zimno można wytwarzać druty o właściwościach zbliżonych do właściwości drutu kordowego. W procesie wytwarzania drutów zaproponowałam, proekologiczne oraz zmniejszające kosztocłonność procesu patentowanie w powietrzu zamiast uciążliwego i kosztownego patentowania w ołowiu lub stopionych solach oraz przedstawiłam projekt takiego rozwiązania, na podstawie którego zbudowano prototypowe stanowisko do patentowania. Stwierdzono pozytywny wpływ zaproponowanej technologii patentowania na większą efektywność procesu ciągnięcia i wykazano, że istnieją wystarczające przesłanki do znacznego uproszczenia procesu wytwarzania wysokowytrzymałego drutu i przeprowadzenia całego procesu wytwarzania drutu od postaci walcówki do postaci gotowego produktu z udziałem dwuetapowego ciągnięcia i jednego międzyoperacyjnego patentowania. Po wykonaniu uzupełniających badań i analiz i potwierdzeniu tych przesłanek otworzy to realne możliwości wystąpienia do Urzędu Patentowego z wnioskiem o ochronę nowej technologii wytwarzania wysokowytrzymałego drutu.

Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłam także w pracach naukowo-badawczych na zlecenie przemysłu jako główny wykonawca. Prowadzone przeze mnie prace dotyczyły m.in. oceny jakości połączeń lutowanych stopów aluminium stosowanych w przewodach klimatyzacyjnych. Efektem tych prac było wskazanie rozwiązań minimalizujących uszkodzenia materiału w procesie lutowania płomieniowego stopów aluminium stosowanych w przewodach klimatyzacyjnych.

Przy realizacji projektów i prac dotyczących stopów tytanu, stopów na osnowie faz międzymetalicznych i innych nawiązałam współpracę z Leibniz Universität Hannover – Institut für Elektroprozessstechnik, TU Bergakademie Freiberg – Institut für Metallformung (Niemcy), Vysoká Škola Báňská TU Ostrava – Katedra Tvareni Materialu (Czechy), Slovenská Technická Univerzita Bratislava Materiálovotechnologická Fakulta (Słowacja), Univerzita Karlova Praha – Katedra Fyziky Materiálů (Czechy), Council for Scientific and Industrial Research Pretoria (RPA), uczelniami i jednostkami naukowo-badawczymi w kraju (Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska, Uniwersytet Śląski, Instytut Wysokich Ciśnień PAN, Instytut Metalurgii Żelaza, Instytut Metali Nieżelaznych, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, Instytut Lotnictwa, Instytut Odlewnictwa, Instytut Obróbki Plastycznej, Główny Instytut Górnictwa oraz firmami: ALD Vacuum Technologies AG (Niemcy), Tryba Stockum GmbH (Niemcy), Plasma System S.A. Siemianowice Śląskie, Intech-Met S.C., Einsal East Sp. z o.o. oraz Boryszew S.A. Oddział Maflow w Tychach.

W 2010 roku za osiągnięcia naukowe zostałam wyróżniona zespołową nagrodą II stopnia JM Rektora Politechniki Śląskiej.

Na mój dotychczasowy dorobek naukowy składają się:

- 1 monografia (monografia habilitacyjna),
- 1 rozdział w monografii (jako współautor, po doktoracie),
- 77 publikacji naukowych (53 po doktoracie),
- 1 patent (po doktoracie),
- 28 opracowań niepublikowanych (autorstwo i współautorstwo sprawozdań z prac naukowo-badawczych, 23 po doktoracie),
- 12 recenzji publikacji w indeksowanych czasopismach zagranicznych (po doktoracie),
- 2 recenzje projektów MNiSW (po doktoracie).

Spośród 77 publikacji naukowych (53 po doktoracie):

- 61 publikacji znajduje się w czasopismach: punktowanych (59) i niepunktowanych (2), a 16 w materiałach konferencyjnych,
- 21 publikacji (19 po doktoracie) indeksowanych jest w bazie Web of Science, w tym 11 publikacji (9 po doktoracie) posiada współczynnik IF (baza JCR),
- 9 to publikacje samodzielne, z czego 4 indeksowane są w bazie Web of Science (wszystkie po doktoracie),
- 30 to publikacje w których jestem pierwszym autorem (21 po doktoracie, z tego 5 publikacji posiada współczynnik IF (baza JCR)).

Referaty (53), w których występuję jako autor lub współautor **prezentowane były na 37 konferencjach i seminariach**. Osobiście wygłosiłam **23** referaty. Spośród **30** innych referatów z moim udziałem, **12** zostało zaprezentowanych w ramach sesji posterowej (**2** z nich zostały wyróżnione lub nagrodzone), a **18** zostało wygłoszonych przez współautorów.

Łączna liczba punktów MNiSW, zgodna z rokiem opublikowania, wynosi 678 (614 po doktoracie).

Zbiorcze dane z podziałem na okresy przed i po uzyskaniu stopnia doktora, dotyczące liczby publikacji, udziału w konferencjach krajowych, międzynarodowych i zagranicznych, liczby prac naukowo-badawczych, recenzji oraz innych wskaźników dorobku naukowego zamieszczono w poniższej tabeli.

Zestawienie liczbowe: wykazu publikacji, udziału w konferencjach i projektach naukowo-badawczych oraz wskaźników oceny dorobku naukowego

Wyszczególnienie		Liczba		
		Przed doktoratem	Po doktoracie	Suma
Publikacje, monografie i patenty				
a	Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) posiadających współczynnik Impact Factor	2	9	11
b	Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopiśmie znajdujących się w bazie Web of Science z pominięciem publikacji z punktu a	0	10	10
c	Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopiśmie punktowanych MNiSW (lista B)	9	31	40
d	Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w materiałach konferencyjnych	13	3	16
e	Autorstwo lub współautorstwo monografii lub podręczników akademickich	0	2	2
f	Patenty	0	1	1
Razem publikacje, monografie i patenty:		24	56	80
Punkty MNiSW, zgodnie z rokiem opublikowania:		64	614	678
Udział w konferencjach naukowych				
Konferencje	Krajowe:	6	14	20
	Międzynarodowe:	4	8	12
	Zagraniczne:	4	1	5
Razem konferencje:		14	23	37
Udział w pracach naukowo-badawczych				
Kierownik projektów:		0	2	2
Kierownik prac/zadań (BK, BKM, BW):		0	10	10
Projekty	KBN/MNiSW/NCN/NCBiR:	6	10	16
	Finansowane z UE:	0	5	5
	Finansowane z przemysłu:	0	1	1
Razem projekty, prace naukowo-badawcze i zadania:		6	28	34
Recenzje				
Recenzje artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych		0	12	12
Recenzje projektów badawczych		0	2	2
Razem recenzje:		0	14	14
Wskaźniki oceny dorobku naukowego				
Baza		Web of Science	Scopus	Google Scholar
Index Hirscha:		6	6	8
Liczba cytowani:		76*	108	206
Ilość indeksowanych czasopism:		21	27	72

* z uwzględnieniem 4 cytowań znajdujących się w publikacji o nr DOI: 10.1080/02670836.2017.1413036, mającej status in press, dostępnej online od 13.12.2017

Moje plany naukowo badawcze na przyszłość to:

- opracowanie formuły składu chemicznego i podstaw procesowych:
 - stopów tytanu o ulepszonych właściwościach spowodowanych obecnością tlenu, azotu, węgla i faz międzymetalicznych,
 - stopów na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl podatnych do kształtowania plastycznego,
 - stopów tytanu o obniżonej wartości modułu Younga do zastosowań medycznych,
 - stopów aluminium o obniżonej temperaturze topnienia z przeznaczeniem do lutowania,
- wykorzystanie dużych prędkości oraz cyklicznego nagrzewania i chłodzenia w procesach kształtowania struktury i właściwości metali i stopów.

6. Działalność dydaktyczna

W ramach działalności dydaktycznej realizowanej na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej od początku trwania studiów doktoranckich, a później na stanowisku adiunkta, prowadzę (lub prowadziłam) zajęcia dydaktyczne (głównie laboratoryjne, a także wykłady, seminaria oraz zajęcia projektowe) na studiach I i II stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych, na kierunkach: Inżynieria materiałowa, Inżynieria produkcji, Zarządzanie i inżynieria produkcji, Informatyka przemysłowa, (Edukacja techniczno-informatyczna), Technologie metali, Metalurgia oraz Transport kolejowy (zajęcia realizowane w ramach współpracy z Centrum Naukowo-Dydaktycznym Transportu Kolejowego Politechniki Śląskiej). Aktualnie prowadzę 3, 4, 5 i 6 godzinne zajęcia laboratoryjne z przedmiotów: *Podstawy nauki o materiałach*, *Metalowe materiały inżynierskie*, *Tworzywa metaliczne* oraz *Procesy i techniki produkcyjne*. Prowadziłam również zajęcia, m.in. z przedmiotów: *Nowoczesne materiały inżynierskie*, *Stopy metali nieżelaznych*, *Technologie procesów materiałowych*, *Komputerowe wspomaganie procesów inżynierskich* i *Dydaktyka nauczania w materiałoznawstwie* oraz wykłady z *Komputerowego wspomaganie procesów inżynierskich* (15 h) i *Kształtowania struktury i właściwości materiałów* (30 h). Jestem opiekunem zajęć laboratoryjnych z przedmiotów *Nauka o materiałach* i *Metalowe materiały inżynierskie* na kierunku Informatyka przemysłowa (3 i 4 semestr) oraz *Procesy i techniki produkcyjne* (6 semestr) na wszystkich aktualnie prowadzonych na Wydziale kierunkach i rodzajach studiów.

W latach 2011-2012 opracowałam koncepcję oraz zorganizowałam od podstaw Wydziałowe laboratorium na potrzeby dydaktyczne modułu technologicznego *Procesy i techniki produkcyjne* (285 h zajęć w planie studiów) umożliwiające badania struktury i wybranych właściwości oraz stosowanie obróbki cieplnej na różnych etapach procesu wytwarzania półwyrobów metalowych, za co otrzymałam nagrodę zespołową III stopnia JM Rektora za osiągnięcia organizacyjne. Od początku działalności tego laboratorium prowadzę w nim zajęcia oraz sprawuję nad nim opiekę w zakresie sprawności urządzeń, dostępności i funkcjonalności oprogramowania oraz materiałów eksploatacyjnych. Koncepcja i funkcjonowanie modułu technologicznego *Procesy i techniki produkcyjne* w procesie dydaktycznym, w tym również dedykowane temu modułowi laboratoria, zyskały wysoką ocenę

Polskiej Komisji Akredytacyjnej przeprowadzającej ocenę instytucjonalną Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii w 2015 roku.

Dostosowałam do potrzeb modułu technologicznego *Procesy i techniki produkcyjne* zaprojektowane przeze mnie prototypowe stanowisko do obróbki cieplnej drutów (patentowania) w projekcie NCBiR i NFOŚiGW pt. *Innowacyjna technologia przetwarzania drutu ze zużytych opon do postaci pełnowartościowego produktu w procesie metalurgicznym* (GEKON2/O5/268809/19/2015). W bieżącym roku nowe ćwiczenie laboratoryjne (5 h) z wykorzystaniem tego stanowiska znalazło się w harmonogramie zajęć tego modułu.

Jestem współautorką monografii książkowej pt. *Nowoczesne materiały metaliczne - terażniejszość i przyszłość*, od 2009 roku z powodzeniem wykorzystywanej w procesie kształcenia studentów wszystkich prowadzonych na Wydziale kierunków.

W ramach opieki nad studentami w latach 2008-2014 byłam promotorem 37 prac magisterskich, inżynierskich i przejściowych na kierunkach: *Informatyka przemysłowa*, *Edukacja Techniczno-Informatyczna* i *Metalurgia*. Sprawowałam także opiekę naukową nad 2 studentami kierunku *Inżynieria materiałowa* – członkami koła naukowego, zwieńczoną ich czynnym udziałem w projekcie naukowo-badawczym, wystąpieniami na międzynarodowej sesji studenckiej i zagranicznej konferencji naukowej oraz wspólnymi publikacjami.

W latach 2008-2011 pełniłam rolę opiekuna naukowego mgr inż. Anny Dudzik-Truś, realizującej badania do rozprawy doktorskiej pt. *Kształtowanie mikrostruktury i właściwości stopów Cu-Ti*, obronionej z wyróżnieniem na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej w 2011 roku.

W latach 2009-2015 uczestniczyłam w projekcie w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego (POKL.04.01.01-00-386/09-00) pt. *Otwarcie nowego kierunku studiów i nowych specjalności oraz organizacja specjalistycznych kursów w Politechnice Śląskiej wraz z systemem staży dla kadry akademickiej uczelni*, realizując zajęcia laboratoryjne oraz projekty inżynierskie na nowym makrokierunku *Informatyka przemysłowa*, łączącego treści kształcenia kierunków *Informatyka* i *Inżynieria materiałowa*.

Swoją wiedzę w obszarze dydaktyki pogłębiłam na szkoleniach. W latach 2017-2018 odbyłam szkolenie *Innowacyjna dydaktyka nauczyciela akademickiego Politechniki Śląskiej* (180 h szkoleniowych + 30 h tutoringu). W efekcie nabytych na tym szkoleniu umiejętności przygotowałam bloga pt. *Tytan i stopy tytanu*, popularyzującego ten wciąż niedoceniany w Polsce materiał, znajdującego się na etapie końcowych testów przed ostatecznym uruchomieniem oraz dedykowanego studentom WebQuesta pt. *Tytan w zasięgu ręki*, zachęcającego do poszukiwania nowych obszarów aplikacyjnych dla tej grupy materiałów.

Od października 2018 uczestniczę w szkoleniu realizowanym przez Kolegium Nauk Społecznych i Filologii Obcych w ramach Programu Operacyjnego Wiedza, Edukacja Rozwój, Działanie 3.5: Kompleksowe programy szkół wyższych, pt. „Politechnika Śląska jako Centrum Nowoczesnego Kształcenia opartego o badania i innowacje” (POWR.03.05.00-IP.08-00-PZ1/17) w zakresie podnoszenia kompetencji dydaktycznych i informatycznych kadr uczelni oraz prowadzenia zajęć w języku obcym.

W latach 2005 oraz 2007-2012 brałam aktywny udział w akcjach promujących Wydział, w przygotowywaniu folderów informacyjnych, plakatów, ogłoszeń prasowych i prezentacji

dotyczącej możliwości dydaktycznych i naukowo-badawczych macierzystego Wydziału oraz w przygotowaniach do udziału w Targach Edukacyjnych i akcjach „Drzwi otwarte”.

7. Działalność organizacyjna

Aktywne uczestnictwo w działalności organizacyjnej Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii przejawia się w pełnieniu funkcji:

- kierownika Laboratorium Materiałów Metalicznych w Katedrze Nauki o Materiałach w latach 2009-2013,
- członka Komisji Egzaminacyjnej na kierunku Edukacja Techniczno-Informatyczna (egzaminator z przedmiotu Materiałoznawstwo z elementami informatyki) w latach 2009-2010,
- członka Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej w latach: 2011-2012 i 2016-2018,
- sekretarza Wydziałowej Komisji Egzaminacyjnej na kierunku *Inżynieria materiałowa* (specjalność *Materiały konstrukcyjne*) w latach 2014-2017,
- członka Wydziałowej Komisji ds. Rozkładów Zajęć w latach 2014-2018,
- członka Wydziałowej Komisji ds. Kształcenia od roku 2016 do nadal.

Ponadto w działalność organizacyjną na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii wpisuje się również udział w:

- szkoleniu „Fundusze unijne dla szkół wyższych” (organizator Europoint, 2007) oraz w szkoleniach informacyjnych organizowanych przez Ministerstwo Rozwoju Regionalnego dotyczących wykorzystania środków unijnych przez szkoły wyższe (2007), a także warsztatach organizowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (2008),
- przygotowaniu 2 wniosków i studium wykonalności projektów startujących w konkursie POiG 2007-2013, priorytet 2: Infrastruktura strefy B+R (2008, 2009),
- przygotowaniach dokumentacji dla Państwowej Komisji Akredytacyjnej (2001, 2009, 2015),
- kursie przygotowującym do pracy w charakterze kierownika projektów badawczych (60 h, 2011).

Jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego od 2008 roku oraz członkiem bazy ekspertów Centrum Innowacji i Transferu Technologii Politechniki Śląskiej, którego celem jest nawiązanie współpracy z otoczeniem gospodarczym.

8. Informacja o wypełnieniu kryterium oceny przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Kryterium	Wypełnienie kryterium	Liczba
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC)	TAK	11
Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	TAK	5
Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe	TAK	1
Monografie / rozdziały monografii	TAK	1/1
Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych i krajowych oraz materiałach konferencyjnych	TAK	66
Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych	TAK	28
Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR)	13,502	
Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)	76	
Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	6	
Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach	TAK	34
Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową albo artystyczną	TAK	4
Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych	TAK	23
Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	TAK	5
Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	TAK	30
Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	TAK	1
Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione wyżej	TAK	1
Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	TAK	3
Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami	TAK	1
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	TAK	1
Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	TAK	1
Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	TAK	6
Opieka naukowa nad studentami (promotorstwo prac magisterskich, inżynierskich, projektów inżynierskich)	TAK	39
Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego	TAK	1
Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	TAK	4
Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	TAK	3
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	TAK	1
Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych	TAK	2
Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	TAK	12

