

dr inż. Rafał Marcin Michalik
Instytut Nauki o Materiałach
Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii
Politechnika Śląska

AUTOREFERAT

Przedstawiający opis osiągnięć naukowych, w szczególności
określonych w art. 16 ust. 2 ustawy
w języku polskim

Jako osiągnięcie naukowe, uzyskane po uzyskaniu stopnia doktora, stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Materiałowa, określone w Ustawie o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami **wskazują autorską monografię pt:**

**„Kształtowanie struktury
oraz właściwości mechanicznych
i odporności na korozję
wysokoalumiowego stopu Zn-Al,**

Gliwice 2016

ISBN 978-83-7880-401-7

Recenzenci wydawniczy:

Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba – Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, Kraków

Dr hab. inż. Dariusz Kopyciński prof. nzw. AGH – Wydział Odlewnictwa AGH, Kraków

Istotny wkład pracy habilitacyjnej do nauki w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa dotyczy **uzyskania syntetycznych wyników analizy struktury na różnych poziomach jej szczegółowości, właściwości mechanicznych, trybologicznych i odporności na korozję nowego, wysokoalumiowego stopu ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2). Uzyskane wyniki charakteryzują nowy stop oraz możliwości kształtowania jego właściwości w celu poprawy zarówno właściwości mechanicznych, trybologicznych jak i odporności na korozję dzięki zastosowaniu obróbki cieplnej. Zweryfikowano również teorie dotyczące możliwości poprawy właściwości wysokoalumiowego stopu ZnAl40Cu3. Zaprezentowane wyniki pozwoliły na wskazanie czynników strukturalnych wpływających na odporność na korozję stopów ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2).**

Stopy Zn-Al stosowane są przede wszystkim z uwagi na swoje właściwości trybologiczne jako tworzywo alternatywne w stosunku do brązów, żeliwa i stopów aluminium w łożyskach oraz jako materiał konstrukcyjny. Korzystne rezultaty przynosi zastosowanie stopów Zn-Al na łożyska narażone na wysokie obciążenia, pracujące m.in. w górnictwie, frezarkach, wyciągach linowych. Stopy typu Zn-Al-Cu charakteryzują się szeregiem korzystnych właściwości, do których można zaliczyć: niską temperaturę topnienia, dobrą lejność, wysoką wytrzymałość i twardość, dobrą wytrzymałość zmęczeniową, niską gęstość, niski współczynnik tarcia, małą szybkość zużycia, niski koszt wytworzenia. Stopy Zn-Al-Cu charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami trybologicznymi: wysoką odpornością na zużycie ściernie i adhezyjne, odpornością na tarcie suche, niskim współczynnikiem tarcia. Stopy te są przyjazne dla środowiska. Stosunkowo rzadko podejmowanym tematem badań (w odniesieniu do pozostałych stopów Zn-Al) są stopy cynku o dużej zawartości aluminium, w których zachodzi przemiana monoeutektoidalna. Wysokoalumiowe, monoeutektoidalne stopy cynku charakteryzują się wysokimi właściwościami mechanicznymi, trybologicznymi i tłumiącymi. Spośród wszystkich stopów Zn-Al stopy te charakteryzują się najwyższą twardością, wytrzymałością na rozciąganie i odpornością na zużycie.

Istotnymi problemami związanymi z zastosowaniem stopów Zn-Al-Cu, wpływającymi na ograniczenie zakresu ich zastosowania, jest niewystarczająca odporność na korozję elektrochemiczną oraz niską trwałość wymiarową. Stosowanym obecnie sposobem zmniejszenia zmiany wymiarów liniowych odlewów wykonanych ze stopów Zn-Al-Cu jest częściowe lub całkowite zastąpienie miedzi krzemem. Prowadzone w ostatnich latach prace wskazują na możliwość częściowego zastąpienia miedzi tytanem. **Wysokoalumiowe stopy**

Zn-Al-Cu z częściowym podstawieniem miedzi tytanem nie były jednak dotąd tematem bardziej szczegółowego opracowania.

Obecnie najczęściej stosowanymi metodami poprawy właściwości stopów Zn-Al-Cu są modyfikacja składu chemicznego stopów poprzez częściowe podstawienie miedzi krzemem, modyfikacja składu chemicznego pierwiastkami ziem rzadkich (REE), zastosowanie obróbki cieplnej.

W stopach Zn-Al-Cu krzem jest dodawany w ilości do 2% mas., przede wszystkim w celu poprawy właściwości trybologicznych stopów Zn-Al-Cu. Krzem krystalizuje w postaci małych lub dużych wydzieleni co krzemu wpływa przede wszystkim na poprawę właściwości trybologicznych stopów Zn-Al-Cu. Obecność w strukturze kruchych i dużych wydzieleni krzemu prowadzi jednak również do kruchości poprzez zwiększenie tendencji do pękania. W stopach Zn-Al dodatek krzemu nie powoduje tak znacznego wzrostu właściwości mechanicznych jak dodatek miedzi, wpływa jednak na częściowe, nieznaczne ograniczenie problemu niestabilności wymiarowej. Wpływ dodatku krzemu na właściwości trybologiczne stopów Zn-Al-Cu jest znany, w dostępnej literaturze można znaleźć szereg opracowań. **Rzadko podejmowanym tematem jest natomiast wpływ obecności wydzieleni krzemu na odporność na korozję stopów Zn-Al-Cu.**

Pierwiastki ziem rzadkich (REE) stosowane są przede wszystkim w celu rozdrobnienia makro- i mikrostruktury, a co za tym idzie – poprawy właściwości mechanicznych i odlewniczych stopów Zn-Al-Cu. Dostępne dane literaturowe wskazują również na możliwą poprawę odporności na korozję stopów cynku dzięki wysokiej zawartości ceru, który jest bardzo efektywnym inhibitorem korozji stopów Zn w wodzie morskiej. Efekt ten może być częściowo hamowany przez rozdrobnienie mikrostruktury. Większa ilość granic ziarn oznacza bowiem większą ilość tzw. miejsc aktywnych dla przebiegu korozji elektrochemicznej. **Wpływ dodatku pierwiastków ziem rzadkich na odporność korozyjną wysokoaluminiowych stopów Zn-Al-Cu jest jednak rzadko podejmowany.**

Stopy Zn-Al-Cu mogą być poddane przesycaaniu i starzeniu. Dane dotyczące wpływu obróbki cieplnej na właściwości wytrzymałościowe stopów należy uznać jednak za niejednoznaczne. Część autorów wskazuje na możliwą poprawę twardości i wytrzymałości wysokoaluminiowych stopów Zn-Al-Cu wskutek przesycaania i starzenia podczas gdy inni wykazują spadek twardości i wytrzymałości wysokoaluminiowych stopów Zn-Al-Cu wskutek przesycaania i starzenia. **Interesującym zagadnieniem jest zatem określenie wpływu obróbki cieplnej na strukturę, twardość i wytrzymałość wysokoaluminiowego, monoeutektoidalnego stopu Zn-Al-Cu.**

W dostępnych opracowaniach **rzadko podejmowanym tematem jest wpływ czynników strukturalnych na odporność korozyjną stopów metali.** Większość publikacji koncentruje się na reakcjach zachodzących na powierzchni metalu, w warstwie pasywnej. Przyjmuje się, że odporność korozyjna jest odwrotnie proporcjonalna do ilości obecnych w strukturze tzw. miejsc aktywnych. Miejscami takimi mogą być np. defekty czy też granice ziarn (w literaturze nie rozróżnia się przy tym granic małego i dużego kąta). Charakteryzujące się małą odpornością na korozję stopy Zn-Al-Cu stanowią dobry materiał do badań nad wpływem czynników strukturalnych na odporność korozyjną, gdyż na ich powierzchni nie tworzy się samorzutnie szczelna i stabilna warstwa pasywna (dla takich stopów zmiany odporności korozyjnej wywołane zmianami w mikrostrukturze są zbyt małe w stosunku do odporności na korozję co znacznie utrudnia lub wręcz uniemożliwia przeprowadzenie badań).

Zagadnienia naukowe i aplikacyjne stopów Zn-Al-Cu są intensywnie rozwijane od wielu lat zarówno w kraju jak i na świecie. Istotnym czynnikiem decydującym o ich pomyślnej aplikacji jest opracowanie składu chemicznego oraz pełnej charakterystyki materiałowej, uwzględniającej wszystkie właściwości użytkowe (mechaniczne, trybologiczne, korozyjne) stopów Zn-Al-Cu.

Problematyka badawcza dotycząca kształtowania właściwości wysokoaluminiowych stopów Zn-Al jest od roku 2010 rozwijana w Instytucie Nauki o Materiałach na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej. W latach 2010 – 2013 w ramach projektu badawczego pt. „Wpływ dodatków stopowych na strukturę i właściwości użytkowe

stopów Zn-Al-Cu” w ramach którego m.in. określono wpływ dodatku krzemu oraz modyfikacji pierwiastkami ziem rzadkich na strukturę i właściwości wysokoalumiowych stopów Zn-Al-Cu. Dalsze badania prowadzone we współpracy z Instytutem Technologii Metali Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej pozwoliły na opracowanie technologii wytwarzania nowych stopów ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2) oraz na określenie ich właściwości użytkowych (twardość, właściwości trybologiczne, odporność korozyjna) zarówno w stanie litym, jak i po obróbce cieplnej.

Przeprowadzona w monografii analiza studialna właściwości stopów wykazała, że **wzrost właściwości użytkowych wysokoalumiowych stopów Zn-Al-Cu można uzyskać dzięki częściowemu podstawieniu miedzi tytanem oraz modyfikacji składu chemicznego pierwiastkami ziem rzadkich**. Istotną zagadnieniem jest przy tym określenie przemian zachodzących w stopie i ich wpływu na strukturę stopu tak, by możliwe było opracowanie warunków takiej obróbki cieplnej (przesycanie ze starzeniem) by możliwy był dalszy wzrost twardości, właściwości trybologicznych i odporności korozyjnej wysokoalumiowych stopów ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2).

Badania twardości i właściwości mechanicznych należą do podstawowych badań nowych stopów. Właściwe określenie wpływu mikrostruktury na twardość i wytrzymałość wymaga m.in. określenia mikrotwardości poszczególnych faz obecnych w strukturze stopu. W przypadku wysokoalumiowych stopów Zn-Al-Cu, z uwagi na znaczne rozdrobnienie mikrostruktury stopów, wyniki te są nieliczne.

Badania własne oraz analiza literatury wskazują, że do czynników strukturalnych wywierających wpływ na odporność na korozję stopów metali można zaliczyć: jednorodność, segregację pierwiastków stopowych, czystość stopu, obecność wtrąceń niemetalicznych, chropowatość powierzchni, zdefektowanie struktury, wielkość ziarna, orientację krystalograficzną powierzchni metalu pozostającej w kontakcie ze środowiskiem korozyjnym, skład fazowy stopu, stan fizykochemiczny powierzchni. **Analiza wpływu czynników strukturalnych na odporność na korozję wysokoalumiowego stopu ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2) stanowi zatem ważny aspekt badawczy**. W monografii poddano analizie wpływ takich czynników na odporność na korozję, jak obróbka cieplna, starzenie samorzutne, obecność wydzielen krzemu (zarówno małych jak i dużych). **Ważnym aspektem badań odporności na korozję, często pomijanym, jest również dokładny opis zmian, jakie następują w warstwie wierzchniej stopu pozostającej w bezpośrednim kontakcie ze środowiskiem korozyjnym**. Pozwala to na określenie mechanizmu korozji, wpływu na odporność korozyjną obecności wydzielen faz niemetalicznych (np. wydzielen krzemu) itp.

Właściwości trybologiczne stopów Zn-Al-Cu decydują o ich zastosowaniu. Większość opracowań koncentruje się jednak na określeniu zmian współczynnika tarcia i ubytków masy z czasem oraz na określeniu struktury warstwy wierzchniej po badaniach trybologicznych. Dla dokładnego opisu zmian zachodzących w trakcie tarcia badania takie mogą być jednak niewystarczające. **Ważna jest analiza śladów wytarcia uwzględniająca zmianę podstawowych parametrów chropowatości wraz ze wzrostem drogi tarcia**.

Mając powyższe na uwadze przyjęto następującą tezę rozprawy: **poprawę właściwości użytkowych stopów Zn-Al-Cu można uzyskać poprzez częściowe zastąpienie miedzi tytanem oraz zastosowanie zabiegu modyfikacji ciekłego stopu poprzez wprowadzenie pierwiastków ziem rzadkich (REE)**. Uzyskany w ten sposób nowy stop charakteryzować się będzie lepszą odpornością na korozję, większą twardością oraz odpornością na zużycie ścierne niż stopy obecnie znane.

Za cele rozprawy przyjęto:

1. Określenie wpływu szybkości chłodzenia, zwiększenia zawartości aluminium z 22 do 40% mas., dodatku Ti i Si oraz modyfikacji REE na proces krystalizacji oraz przemiany zachodzące w stopach Zn-Al-Cu,,

2. Charakterystyka strukturalna nowych stopów $ZnAl_{40}Cu_{(1-2)}Ti_{(1-2)}$ oraz stopu $ZnAl_{40}Cu_3$ z uwzględnieniem wpływu obróbki cieplnej na strukturę badanych stopów,
3. określenie wpływu zwiększenia zawartości aluminium z 22 do 40% mas., dodatku Ti i Si oraz modyfikacji REE na zmianę twardości i właściwości wytrzymałościowych badanych stopów oraz na odporność na ścieranie,
4. Określenie odporności badanych stopów na korozję, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu obróbki cieplnej oraz zjawiska starzenia samorzutnego,
5. Określenie zmian zachodzących w warstwie wierzchniej badanych stopów pod wpływem środowiska korozyjnego.

Realizacja tak postawionych celów oraz zweryfikowanie tezy rozprawy wymagały przeprowadzenia kompleksowych badań procesów krystalizacji i przemian zachodzących w stopach Zn-Al-Cu oraz Zn-Al-Cu-Ti, badań strukturalnych obejmujących ocenę składu fazowego oraz badania mikrostruktury, badań twardości faz występujących w stopach Zn-Al-Cu, wytrzymałości na rozciąganie oraz badań twardości z uwzględnieniem wpływu parametrów obróbki cieplnej (temperatura i czas) na twardość, badań odporności na korozję, obejmujących badania potencjostatyczne, badania potencjodynamiczne, badania zmiany potencjału otwartego z czasem, badania stanu powierzchni po korozji oraz badania struktury warstwy wierzchniej stopów po korozji, badania odporności na zużycie ściernie oraz badania warstwy wierzchniej stopów po przeprowadzeniu badań odporności na ścieranie.

Badania eksperymentalne przeprowadzono w Instytucie Nauki o Materiałach Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii oraz Instytucie Technologii Metali Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej. Badaniom poddano eutektyczny stop $ZnAl_{22}Cu_3$ oraz monoeutektoidalne stopy $ZnAl_{40}Cu_3$ i $ZnAl_{40}Cu_{(1-2)}Ti_{(1-2)}$. Stopy wytopiono w Instytucie Technologii Metali Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej wykorzystując piec próżniowy VSG 02 firmy Balzers i spiekany tygiel z Al_2O_3 o wymiarach 55x100 mm. Wytopienie stopów $ZnAl_{40}Cu_{(1-2)}Ti_{(1-2)}$ wymagało opracowania dla nich odpowiedniej technologii wytopu. Podczas wytapiania stopów $ZnAl_{40}Cu_{(1-2)}Ti_{(1-2)}$ istotne znaczenie ma sposób i kolejność wprowadzania do ciekłego stopu dodatków stopowych. Załadunek wszystkich składników wsadowych do tygla wywołuje niekorzystne efekty: tytan, o dużej skłonności do utleniania, oraz pierwiastki ziem rzadkich (mieszmetal), w postaci kawałków prasowanych z proszku, nie przechodzą do roztworu ciekłego podczas wytapiania. Korzystne efekty można natomiast uzyskać dzięki wprowadzeniu tytanu i pierwiastków ziem rzadkich (mieszmetal) z podajnika, na wolną od żużla powierzchnię ujednorodnionego ciekłego stopu, co umożliwi przejście tych składników do stopu.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na aspekty pomijane dotąd w literaturze. Modyfikacja REE składu chemicznego stopu $ZnAl_{40}Cu_3$ powoduje poprawę jego odporności na korozję co wiąże się, jak już wspomniano z oddziaływaniem ceru, głównego składnika REE, jako inhibitora korozji Zn w środowisku zawierającym jony Cl⁻. Korzystne oddziaływanie REE na odporność na korozję jest ograniczone przez gromadzenie się REE w postaci wydzielen obecnych w dendrytach w strukturze stopu $ZnAl_{40}Cu_3$ oraz obecność REE w wydzieleniach faz bogatych w Ti i Al dla stopów $ZnAl_{40}Cu_{(1-2)}Ti_{(1-2)}$. W pierwszym przypadku efektem powstawania wydzielen zawierających REE będzie znacznie mniejsza zawartość REE w warstwie pasywnej, w drugim przypadku korzystne oddziaływanie REE ograniczone będzie jedynie do międzymetalicznych faz bogatych w Ti i Al. Wykazano również, że modyfikacja REE wywiera również korzystny wpływ na bardziej równomierny rozkład wydzielen krzemu oraz na zmniejszenie porowatości. **Wbrew oczekiwaniom modyfikacja REE**

nie powoduje jednak znaczącego wzrostu wytrzymałości stopu ZnAl40Cu3 (w porównaniu do stopu ZnAl40Cu3Si obserwuje się wręcz niewielkie zmniejszenie właściwości wytrzymałościowych). Niewielką poprawę wytrzymałości można zaobserwować jedynie dla stopu ZnAl22Cu3.

Tytan w stopach ZnAl40Cu(1–2)Ti(1–2) nie uczestniczy w procesie umocnienia roztworowego, lecz tworzy wydzielenia. Właściwości stopów ZnAl40Cu(1–2)Ti(1–2) zależą od składu fazowego. Rodzaj faz, jakie w stopach Zn-Al-Cu-Ti tworzy tytan zależy od zastosowanej obróbki cieplnej. Istotnym czynnikiem wpływającym na ograniczenie efektu umocnienia roztworowego jest wydzielenie się faz zawierających miedź: ϵ -(CuZn₅) oraz Al_xCu_yTi_z. **Poprawę twardości ZnAl40Cu(1–2)Ti(1–2) można uzyskać dzięki przesycaniu w temperaturze 385 °C i starzeniu w temperaturze 125 °C czasie 3h.** Na początku starzenia wydzielają się jedynie fazy TiAl₂ oraz Ti₂Al₂₀Ce. Powoduje to duży wzrost twardości, czemu towarzyszy zmniejszenie odporności na korozję. Odporność korozyjna, nawet w przypadku starzenia w temperaturze 125°C w czasie 3h (maksymalna twardość) pozostaje znacząco wyższa w porównaniu do stopów w stanie litym oraz stopu ZnAl40Cu3. Długi czas starzenia powoduje wydzielenie się faz zawierających miedź. Oprócz fazy ϵ -(CuZn₅) powstają również wydzielenia fazy Al_k(Cu, Zn)_mTi_n. Powoduje to znaczące osłabienie efektu umocnienia roztworowego, skutkujące nie tylko spadkiem twardości, lecz również spadkiem odporności na korozję i to pomimo koagulacji wydzielen (co powoduje spadek ilości granic ziaren).

Ustalono, że szczególnie niebezpiecznym zjawiskiem w przypadku stopów monoeutektoidalnych jest starzenie samorzutne. Efektem jest nie tylko spadek twardości, lecz również zmniejszenie odporności na korozję. Główną przyczyną są prawdopodobnie przemiany związane z rozpadem metastabilnej fazy ϵ -(CuZn₅).

Przyjęte w większości publikacji dane dotyczące temperatury i czasu starzenia stopów Zn-Al-Cu, w odniesieniu do stopu monoeutektoidalnego należy określić jako niewłaściwe. Wzrost twardości stopu ZnAl40Cu3 można uzyskać jedynie w przypadku krótkotrwałego (czas maks. 1h) starzenia w temperaturze 125°C.

W literaturze przyjmuje się, że drobne wydzielenia krzemu są wynikiem reakcji eutektycznej, a duże krystalizują jako pierwotne. Przyjmuje się również, że po przekroczeniu 1% mas. Si w strukturze powstają jedynie duże, pierwotne wydzielenia krzemu. **Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na wpływ przede wszystkim zawartości aluminium w stopie na przebieg krystalizacji krzemu.** Ponadto, w przypadku stopu ZnAl40Cu3, różnica wielkości wydzielen krzemu jest również wynikiem różnej szybkości chłodzenia. Biorąc pod uwagę wyniki badań ATD oraz wyniki badań strukturalnych można stwierdzić, że **przedstawioną w literaturze teorię, według której drobne wydzielenia są wynikiem reakcji eutektycznej, a duże krystalizują jako pierwotne, należy określić jako błędną.** Wyniki badań ATD oraz badań dylatometrycznych jednoznacznie wskazują, że w stopach ZnAl22Cu3 oraz ZnAl40Cu3 dla temperatur odpowiadających przemianie eutektycznej z układu Al-Si: 577°C nie występuje przemiana fazowa. **Ustalono, że wydzielenia krzemu krystalizują jako pierwotne w temperaturze ok. 550°C dla stopu ZnAl22Cu3Si oraz ok. 500°C dla stopu ZnAl40Cu3Si.** Obecność jedynie dużych wydzielen krzemu dla stopu ZnAl22Cu3Si wynika prawdopodobnie z tego, że krystalizacja wydzielen krzemu w stopie ZnAl22Cu3Si zaczyna się znacznie wcześniej niż dla stopu ZnAl40Cu3Si, jeszcze przed rozpoczęciem krystalizacji dendrytów fazy α . Wyniki badań stanowią także uzupełnienie danych literaturowych dotyczących wpływu wydzielen krzemu na właściwości stopów Zn-Al-Cu. Obecność wydzielen krzemu wpływa na poprawę odporności na korozję elektrochemiczną. Ustalono, że dodatek krzemu wpływa również na obniżenie wytrzymałości stopu ZnAl22Cu3 oraz poprawę wytrzymałości stopu ZnAl40Cu3.

Uzyskane wyniki badań pozwalają na zweryfikowanie i uzupełnienie założeń dotyczących oddziaływania bogatej w Zn i Cu fazy ϵ na właściwości stopów Zn-Al-Cu. Przyjmuje się, że wydzielenia fazy ϵ są wydzieleniami twardymi i kruchymi. Wyniki badań mikrotwardości wskazują jednak, że twardość tej fazy nie odbiega od twardości obszarów międzidendrytycznych. Negatywne oddziaływanie wydzieleni fazy ϵ na wytrzymałość i odporność stopów ZnAl40Cu3 oraz ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2) na korozję wiąże się zatem przede wszystkim z osłabieniem efektu umocnienia roztworowego. Dane literaturowe wskazują, że w stopach Zn-Al-Cu powstawanie wydzieleni fazy ϵ możliwe jest po przekroczeniu zawartości miedzi równej 2% mas. W stopach ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2) obecność wydzieleni fazy ϵ obserwuje się już przy zawartości 1% mas. **Zaproponowano więc hipotezę, tłumaczącą obecność tej fazy w stopach zawierających mniej niż 2% mas. Cu.** Zgodnie z układem Ti-Al wydzielenie się faz bogatych w Ti i Al następuje jako pierwsze, prawdopodobnie jeszcze przed rozpoczęciem krystalizacji dendrytów fazy α . Powoduje to zubożenie ciekłego metalu w aluminium i powstanie nadmiaru atomów Zn i Cu (stosunek Zn/Al/Cu w ciekłym metalu jest bliski temu, jaki występuje w stopach zawierających co najmniej 3% mas. Cu). Po reakcji monoeutektoidalnej „nadmiarowe” atomy Zn i Cu tworzą wydzielenia fazy ϵ na granicy faz pomiędzy mieszaniną monoeutektoidalną, a wydzieleniami faz bogatych w Ti i Al.

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają na uzupełnienie aktualnego stanu wiedzy dotyczącego wpływu czynników strukturalnych na odporność na korozję elektrochemiczną stopów Zn-Al-Cu. **Znaczący wzrost odporność na korozję można uzyskać nie tylko dzięki obecności strukturze wydzieleni faz niemetalicznych lecz również dzięki obecności w strukturze wydzieleni faz międzymetalicznych oraz obecności miedzi w roztworze stałym (efekt umocnienia roztworowego).** Wpływ obecności faz międzymetalicznych wiąże się przede wszystkim z większą energią wiązania ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2) oraz z większą gęstością upakowania struktury (większą liczbą koordynacyjną) w stosunku do pozostałych faz obecnych w strukturze stopów. Korzystne oddziaływanie obecności miedzi w roztworze na korozję w przypadku stopów ZnAl40Cu3 oraz ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2) wiąże się z mechanizmem umocnienia. Dzięki obecności atomów Cu^{+2} w węzłach sieci Zn^{2-} tworzyć się mogą dipole. Ich obecność wywiera wpływ nie tylko na poprawę wytrzymałości, lecz również na poprawę odporności na korozję.

Uzyskane wyniki badań właściwości trybologicznych wskazują, że stopy monoeutektoidalne charakteryzują się lepszą odpornością na zużycie ściernie niż stopy eutektyczne. Wyniki badań potwierdzają znaczące pogorszenie się właściwości trybologicznych stopu ZnAl40Cu3 wskutek wygrzewania w temperaturze 185°C co wiąże się z wydzieleniem się fazy ϵ -(CuZn₅). Odmienne od danych literaturowych wyniki uzyskano dla stopu ZnAl40Cu3 poddanego przesycaniu 385°C/10h. Przesycanie spowodowało bowiem zmniejszenie odporności na ścieranie. Częściowe zastąpienie miedzi tytanem w monoeutektoidalnych stopach ZnAl40Cu(1-2)Ti(1-2) wpływa na poprawę ich odporności na ścieranie. Przyczyną jest wydzielenie się faz międzymetalicznych bogatych w tytan, znacznie lepiej spełniających rolę faz nośnych, niż obszary międzidendrytyczne w stopie ZnAl40Cu3.

Wnioski sformułowane na podstawie badań własnych:

- Częściowe podstawienie miedzi tytanem pozwala na poprawę właściwości wysokoaluminiowych, monoeutektoidalnych stopów Zn-Al co jest wynikiem wydzielenia się w stopie faz międzymetalicznych bogatych w Ti i Al.

- Dzięki obróbce cieplnej uzyskano poprawę twardości, najlepsze rezultaty dla stopu ZnAl40Cu3 można uzyskać dzięki przesycaniu i starzeniu 385°C/24h + 125°C/1h, natomiast dla stopów ZnAl40Cu(1–2)Ti(1–2) dzięki przesycaniu i starzeniu 385°C/24h + 125°C/3h.
- W stopach ZnAl40Cu3 oraz ZnAl40Cu(1–2)Ti(1–2) obecność REE w ilości przekraczającej 0,1% mas. wpływa na poprawę odporność na korozję oraz wyeliminowanie wady typu porowatość, w stopach z dodatkiem krzemu możliwe jest uzyskanie bardziej równomiernego rozkładu krzemu. Korzystne oddziaływanie REE na odporność korozyjną w stopach ZnAl40Cu(1–2)Ti(1–2) jest jednak ograniczone do wydzieleni faz międzymetalicznych bogatych w Ti i Al, w których gromadzi się większość ceru.
- W stopach ZnAl22Cu3 oraz ZnAl40Cu3 krzem krystalizuje jako pierwszy, czemu nie towarzyszy jakakolwiek reakcja. Różnica wielkości wydzieleni krzemu jest wynikiem różnej szybkości chłodzenia, przy czym powstawaniu dużych wydzieleni sprzyja wolne chłodzenie, drobne wydzielenia krzemu są natomiast efektem szybkiego chłodzenia. Dodatek krzemu powoduje poprawę twardości i wytrzymałości stopu ZnAl40Cu3, a obecność w strukturze stopów Zn-Al-Cu wydzieleni krzemu wpływa na poprawę ich odporności na korozję elektrochemiczną.
- Do czynników strukturalnych wywierających korzystny wpływ na odporność na korozję można zaliczyć: rozpuszczanie w roztworze stałym atomów miedzi (związane z mechanizmem tworzenia się dipoli), obecność w strukturze faz międzymetalicznych, energię wiązania faz obecnych w strukturze stopu (większą energię wiązania można wiązać z wyższą odpornością korozyjną), liczbę koordynacyjną faz obecnych w strukturze stopu (im większa gęstość upakowania, tym odporność korozyjna jest wyższa).
- W stopach ZnAl40Cu3 oraz ZnAl40Cu(1–2)Ti(1–2) wydzielanie się faz zawierających miedź prowadzi do znaczącego pogorszenia właściwości stopu: twardości i odporności na korozję.
- Negatywne oddziaływanie fazy ϵ -(CuZn₅) na twardość (i odporność na korozję) stopów Zn-Al-Cu wynika z osłabienia efektu umocnienia roztworowego, a nie dużej twardości i kruchości tej fazy. Twardość fazy ϵ nie odbiega od twardości obszarów międzydendrytycznych.

Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

Działalność prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

Urodziłem się 22 czerwca 1970 roku w Katowicach. W 1990 roku podjąłem studia na Wydziale Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu Politechniki Śląskiej w Katowicach na kierunku Inżynieria Materiałowa. W trakcie studiów pobierałem stypendium naukowe, a w 1992 roku otrzymałem Nagrodę JM Rektora Politechniki Śląskiej za bardzo dobre wyniki w nauce. Studia ukończyłem 20 czerwca 1995 roku z wynikiem bardzo dobrym po przedłożeniu pracy pt. *Wpływ warstwy pasywnej i nanokrystalicznego diamentu na odporność korozyjną stopu Vitallium w płynie fizjologicznym Tyrode'a* której promotorem był **prof. dr hab. inż. Adolf Maciejny**. W dniu 1 września 1995 roku podjąłem pracę na Wydziale Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu w Katedrze Nauki o Materiałach na stanowisku asystenta. Moim opiekunem naukowym został **prof. dr hab. inż. Jan Łaskawiec**. 15 lutego 1996 roku podjąłem interdyscyplinarne studia doktoranckie „*Inżynieria Materiałowa tworzyw dla medycyny i biologii*” które ukończyłem w dniu 30 stycznia 1999 roku z wynikiem bardzo dobrym. Zaprezentowane w rozprawie doktorskiej wyniki badań zrealizowałem w ramach grantu

promotorskiego pt. „*Wpływ fizykochemicznego stanu powierzchni bezwanadowych stopów tytanu na mechanizm i kinetykę korozji*” finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

Badania nad wpływem warstw hydroksyapatytowych wytwarzanych metodą zol-żel na powierzchni stopów tytanu na ich odporność korozyjną oraz strukturę prowadzone były przy współpracy z Katedrą Ceramiki Ogniotrwałej, Szlachetnej i Technicznej Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie oraz z Instytutem Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

Swoją wiedzę pogłębiałem dzięki stażom naukowym w renomowanych krajowych ośrodkach naukowych. Dzięki stażom naukowym w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie pod opieką pani prof. dr hab. inż. Eliny Łunarskiej oraz w Katedrze Technologii Zabezpieczeń Przeciwkorozyjnych Politechniki Gdańskiej pod opieką prof. dr hab. inż. Kazimierza Darowickiego mogłem pogłębić swoją wiedzę dotyczącą metodyki badań odporności na korozję elektrochemiczną metali i ich stopów. Staż naukowy w Katedrze Inżynierii Materiałowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Koszalińskiej pod opieką prof. dr hab. inż. Witolda Prechta pozwolił na zaznajomienie się i pogłębienie swojej wiedzy na temat metodyki badań przyczepności powłok.

Brałem również udział w konferencjach dotyczących Inżynierii Materiałowej oraz korozji, co pozwoliło pogłębić moją dotychczasową wiedzę. Były to m.in. VII Międzynarodowa Konferencja „Achievements in Mechanical & Materials Engineering”, Gliwice - Zakopane 1998, XXIV Szkoła Inżynierii Materiałowej Kraków – Szczyrk 1996, V Ogólnopolskie Sympozjum „Tytan i jego stopy – przetwórstwo i zastosowanie w technice” Ustroń 1997, Seminarium Naukowe: „Biomechanika w implantologii” Ustroń 1997, II Sympozjum „Biomechanika w implantologii”, IV, V i VI Ogólnopolskie Sympozjum naukowo – Techniczne „Nowe osiągnięcia w badaniach i inżynierii korozyjnej” w latach 1998 – 2000.

Pracę doktorską *Wpływ fizykochemicznego stanu powierzchni na mechanizm i kinetykę korozji stopów tytanu dla medycyny* obroniłem w dniu 29 czerwca 2000 roku. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Jan Łaskawiec a recenzentami prof. dr hab. inż. Adolf Maciejny (Politechnika Śląska) oraz prof. dr hab. inż. Jan Sieniawski (Politechnika Rzeszowska)

Działalność prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa zostałem zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Nauki o Materiałach gdzie pracuje do chwili obecnej. W podejmowanych wówczas pracach naukowo – badawczych koncentrowałem się na wykorzystaniu i dyskusji w zakresie wyników badań zrealizowanych w pracy doktorskiej. Uczestniczyłem w opracowaniu wniosków do Komitetu Badań Naukowych oraz realizacji projektów badawczych (w tym 4 jako Główny Wykonawca) oraz prac realizowanych w ramach działalności statutowej Politechniki Śląskiej. Tematyka moich prac i projektów realizowanych w Instytucie Nauki o Materiałach mieści się w trzech głównych nurtach badań:

- Badania właściwości tworzyw metalicznych dla medycyny,
- Kształtowanie właściwości powłok cynkowych oraz stopów Zn-Al,
- Wpływ czynników strukturalnych na odporność korozyjną metali.

Badania właściwości tworzyw metalicznych dla medycyny

Badania dotyczące właściwości tworzyw metalicznych dla medycyny skoncentrowane były na następujących zagadnieniach:

- inżynierii powierzchni biomateriałów metalicznych,
- badaniu właściwości nowych stopów tytanu dla medycyny,

- badaniu możliwości poprawy odporności na korozję biomateriałów metalowych.

Początkowo badania kontynuowane były w ramach realizacji projektu badawczego (grant rektorski – badania własne BW 497/RM7/2000) pt. „*Wpływ pokrycia hydroksyapatytem na odporność korozyjną stopów tytanu dla medycyny*” realizowanego w 2001 roku. Wyniki dotychczasowych badań oraz przegląd literatury posłużyły jako podstawa do opracowania razem z promotorem pracy doktorskiej, prof. dr hab. inż. Janem Łaskawcem, podręcznika akademickiego „*Zagadnienia teoretyczne i aplikacyjne w implantach*” (wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002, 170 stron), który wg bazy Web of Science cytowany był 12 razy natomiast wg „Google Science” cytowany był 34 razy (24 razy pod polskim tytułem oraz 10 razy pod tytułem angielskim).

Dalsze badania dotyczące właściwości materiałów przeznaczonych na implanty długotrwałe dla ortopedii i traumatologii oraz stomatologii prowadziłem we współpracy m.in. z prof. Bogną Pogorzelską – Stronczak (wówczas: Katedra i Klinika Chirurgii Szczękowo-Twarzowej w Zabrzu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego), prof. dr hab. n med. P. Wojciechowskim (wówczas Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach), dr n med. J. Toborkiem (wówczas Szpital miejski w Siemianowicach Śląskich), dr n med. D. Kuszem (wówczas Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach) oraz dr n med. A. Koconiem (wówczas Niepubliczny Stomatologiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Żywcu). Efektem tej współpracy są m.in. wspólne publikacje, wyjazdowe zajęcia dla studentów specjalności Inżynieria Biomedyczna na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji w Katedrze Patomorfologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego, uczestnictwo w charakterze obserwatora w operacjach prowadzonych w Klinice Chirurgii Szczękowo-Twarzowej w Zabrzu.

Zebrane doświadczenia zostały wykorzystane przy realizacji projektu badawczego KBN 7 T08C 055 21 pt. „*Wpływ warstw hydroksyapatytowych wytwarzanych metodą zol – żel na wybrane właściwości użytkowe stopów tytanu przeznaczonych na implanty długotrwałe*” realizowanego w latach 2001 - 2003, w którym byłem Głównym Wykonawcą. Prowadzone badania skoncentrowane były na opracowaniu powłok hydroksyapatytowych uzyskiwanych metodą zol–żel na podłożu tytanu i stopu Ti6Al4V. Badania wykazały, że możliwe jest uzyskanie szczelnych powłok hydroksyapatytowych na podłożu tytanu metodą zol–żel. Uzyskane powłoki miały w stosunku do podłoża charakter dyfuzyjny, a nie adhezyjny dzięki czemu oznaczały się bardzo dobrą przyczepnością do podłoża. Uzyskane powłoki zapewniały również wzrost odporności korozyjnej oraz biotolerancji. Swoje doświadczenie wykorzystałem również w realizacji projektu badawczego KBN nr 7 T08 A 045 18 pt. „*Materialowe i mechaniczne uwarunkowania biofunkcjonalności stawu biodrowego po zabiegu endoprotezoplastyki*” realizowanego w latach 2000-2003, w którym byłem wykonawcą. Wyniki prac prezentowałem na konferencjach w postaci 12 wygłoszonych referatów i 12 posterów. Efektem prowadzonych badań są 32 artykuły w czasopismach krajowych oraz podręcznik akademicki.

Kształtowanie właściwości nowych powłok cynkowych

Nowym zagadnieniem badawczym podjętym przeze mnie były badania struktury i odporności korozyjnej powłok cynkowych. Badania te realizowałem we współpracy z prof. dr hab. inż. Henrykiem Woźnicą oraz z dr inż. Januszem Klisem, prezesem Centrostalu Górnośląskiego S.A z którym nadal współpracuję. Badania umożliwiły m. in. weryfikację określenie na korozję różnych, stosowanych obecnie powłok Zn i Zn-Al, weryfikację odporności korozyjnej powłok typu „Galfan” w zależności od producenta (wykazano znaczące różnice) Wykazano istotny wpływ warunków wytwarzania powłok na ich odporność na korozję. Zebrane w trakcie badań doświadczenia wykorzystane zostały w opracowaniu wniosku oraz w realizacji projektu badawczego MNiI nr 507 118 32/3470 „*Wpływ czynników strukturalnych na mechanizm*

i kinetykę korozji powłok cynkowych typu Galfan” realizowanego w latach 2007-2009, w którym byłem jako Głównym Wykonawcą. Przedmiotem badań były powłoki typu „Galfan” (Zn - 5%Al) oraz powłoki typu Zn - 7% Al – 3% Cu. **Efektom było opracowanie nowych powłok cynkowych typu ZnAl7Cu3 modyfikowanych dodatkami pierwiastków ziem rzadkich o lepszej odporności na korozję od stosowanych obecnie powłok typu „Galfan”.** W wyniku przeprowadzonych w ramach projektu badań wykazano również istotny wpływ struktury powłok ZnAl5 oraz ZnAl7Cu3 na ich właściwości, przede wszystkim na ich odporność na korozję. Stwierdzono, że wzrost odporności korozyjnej można uzyskać m.in. poprzez dodatek miedzi, dodatek pierwiastków ziem rzadkich oraz kształtowanie struktury powłoki. Powszechnie przyjętą zasadą jest, że wyższą odpornością na korozję charakteryzują się grubsze powłoki cynkowe. Przeprowadzone badania wykazały natomiast, że większą odpornością na korozję charakteryzowały się cieńsze powłoki wolno chłodzone. Istotną obserwacją było również fakt, że ważną rolę w przebiegu procesów korozyjnych powłok cynkowych odgrywa bogata w składniki stopowe warstwa przejściowa. Jej obecnością można tłumaczyć obserwowany po pewnym czasie spadek szybkości korozji. Wyniki moich prac prezentowałem w postaci 7 wygłoszonych referatów i 22 posterów. Wyniki prowadzonych badań zostały również opublikowane w 27 publikacjach.

Wpływ czynników strukturalnych na odporność korozyjną metali i ich stopów

Motywacją do prowadzonych badań jest to, że dostępna literatura rzadko podejmuje się oceny wpływu czynników strukturalnych na mechanizm i kinetykę korozji elektrochemicznej. Przedmiotem prowadzonych badań są przede wszystkim: stopy Fe-Al, tytan i jego stopy, stale manganowe oraz durale wysokocynowe. Prowadzone badania dotyczą wpływu takich czynników na odporność na korozję elektrochemiczną, jak: jednorodność stopu, czystość, stan fizykochemiczny powierzchni, zdefektowanie struktury, wielkość ziarna, skład fazowy. Wyniki przeprowadzonych do tej pory badań wykazały, że niezależnie od rodzaju badanego stopu, wzrost odporności korozyjnej można uzyskać przede wszystkim poprzez zwiększenie jednorodności struktury (wyżarzanie ujednorodniające). Korzystny wpływ wywierają również wzrost czystości i spadek chropowatości powierzchni stopu. Obecność defektów budowy krystalicznej niekorzystnie wpływa na odporność na korozję metali i ich stopów. Istotny wpływ na odporność na korozję wywiera również skład fazowy materiału. Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że fazy o większej gęstości upakowania charakteryzują się lepszą odpornością na korozję niż fazy o mniejszej gęstości upakowania.

W prowadzonych badaniach podejmowałem również tematykę odporności korozyjnej złącz spawanych. Badania te wykazały, że nawet dla prawidłowo wykonanych złącz spawanych obserwuje się spadek odporności korozyjnej, najczęściej w obrębie strefy wpływu ciepła. Wyniki prowadzonych badań opublikowane zostały w 25 publikacjach oraz zaprezentowane w postaci 5 posterów.

Wykorzystanie dotychczasowej wiedzy i doświadczenia oraz poszukiwanie nowego obszaru badań naukowych doprowadziło do powstania mojej autorskiej monografii.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora mój dorobek publikacyjny obejmuje **121 publikacji** w czasopiśmie, monografiach i materiałach konferencyjnych o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Łączna ilość punktów obliczonych według MNiSW za dorobek naukowy po otrzymaniu stopnia doktora wynosi **796 punkty (załącznik 4B)**. Wykaz publikacji, udział w konferencjach oraz uczestnictwo w projektach badawczych znajduje się w załącznikach 4 i 6 do wniosku natomiast zestawienie liczbowe przedstawia Tabela 1.

Tabela.1. Zestawienie liczbowe publikacji i najważniejszych osiągnięć naukowo-badawczych po uzyskaniu stopnia doktora

Wyszczególnienie		Liczba		
Rodzaj publikacji		Punkty MNiSW	Liczba publikacji	
Publikacje	a.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) posiadających współczynnik Impact Factor	280	7(3*)
	b.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie Web of Science z pominięciem publikacji z punktu a.	130	13
	c.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych indeksowanych w bazie SCOPUS z pominięciem publikacji z punktu a i b	0	12
	d.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach, monografiach, książkach abstraktów zagranicznych z pominięciem publikacji z punktu a, b, i c	0	0
	e.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach punktowanych MNiSW (lista B)	379	70
	f.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w pozostałych czasopismach	0	13
	g.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w monografiach krajowych	0	0
	h.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w materiałach konferencyjnych (z pominięciem publikacji z punktu e)	0	0
	i.	autorstwo lub współautorstwo monografii lub podręczników akademickich	50	2
	j.	autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych z udziałem studentów w zeszytach Studenckich Prac Naukowych	0	1
Patenty		0	-	
Razem publikacje i patenty				
Udział w konferencjach naukowych				
Konferencje	krajowe		19	
	międzynarodowe		5	
	Zagraniczne		3	
Udział w projektach badawczych				
Kierownik projektów		1 z uwzględnieniem RGH		
Projekty	KBN/MNiSW/NCN/NCBiR		5	
	BK/BW		2	
	Granty Rektorskie – Rektorski Grant Habilitacyjny (RGH)		1	
Recenzje artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych JCR		10		
Recenzje artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych krajowych		6		
Recenzje projektów badawczych w konkursach krajowych dla NCBiR		14		
Recenzje projektów badawczych w konkursach międzynarodowych dla NCBiR		5		
Wskaźniki oceny dorobku naukowego				
Źródło	Web of Science	Scopus	Google Scholar	
Liczba cytowań ogółem	43	48	126	
Indeks Hirscha H	3	4	5	
Liczba publikacji w bazie	18	31	76	

* liczba publikacji pozytywnie zrecenzowanych i oczekujących na druk

Opracowane publikacje naukowe ukazały się między innymi w czasopismach wymienionych w tabeli 2 tj. w czasopismach indeksowanych w bazie Journal Citation Reports, wpływających na sumaryczny Impact Factor. Baza Web of Science zawiera również 36 cytowań prac nieindeksowanych w bazie Web of Science.

Tabela 2. Sumaryczny IF według Journal Citation Reports

Czasopismo według JCR	Impact Factor (wg roku publikacji)
Archives of Metallurgy and Materials	5,638
International Journal of Materials Research	0,639
Materialwissenschaft und Werkstofftechnik	0,639
Sumaryczny Impact Factor	6,916 (9,671*)

* uwzględniający publikację pozytywnie zrecenzowane i oczekujące na druk

Brałem czynny **udział w realizacji 8 projektów badawczych** jako kierownik i wykonawca.

Brałem corocznie od 2001 roku udział w realizacji prac w ramach Badań Statutowych oraz Badań Własnych w Katedrze a obecnie w Instytucie Nauki o Materiałach Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej.

Recenzje na zlecenie redakcji czasopism oraz NCBiR

Od 2011 roku współpracuję z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju w zakresie przygotowania recenzji wniosków. Opracowałem recenzje zarówno w konkursach krajowych jak i międzynarodowych. Na zlecenie edytorów byłem również recenzentem manuskryptów zgłoszonych zarówno do czasopism krajowych jak i zagranicznych. Dotychczas opracowałem recenzje dla następujących czasopism: Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy, Materials Chemistry and Physics, Bulgarian Chemical Communications, Journal of Engineering Tribology, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part J-Journal of Engineering Tribology, Surface and Interface Analysis, Prace Instytutu Odlewnictwa, Ochrona przed Korozją. Wykaz sporządzonych recenzji zamieszczono w **załączniku 6**.

Członkostwo w krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych

Jestem **członkiem następujących organizacji naukowych i branżowych**:

- członek Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego (od 2013 roku),
- członek Polskiego Towarzystwa Korozyjnego (od 2013 roku).

Współpraca z ośrodkami naukowymi w Kraju

Współpracowałem z ośrodkami naukowo-badawczymi takimi, jak: Katedra i Klinika Chirurgii Szcękowo-Twarzowej w Zabrze Śląskiego Uniwersytetu Medycznego, Katedra i Zakład Patomorfologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, Katedrą Ceramiki Ogniotrwałej, Szlachetnej i Technicznej Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie oraz z Instytutem Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Nadal współpracuję z przedstawicielami przemysłu takimi, jak: Nitroerg grupa KGHM, Centrostalem Górnośląskim S.A.

Moje plany naukowo badawcze na przyszłość to:

1. Badania możliwości poprawy właściwości durali wysokocynowych poprzez modyfikację ich składu chemicznego.
2. Kontynuacja badań nad wpływem czynników strukturalnych na odporność na korozję elektrochemiczną.
3. Zastosowanie metod metalografii ilościowej do oceny stanu powierzchni i struktury warstwy wierzchniej stopów metali po korozji.

4. Analiza przemian fazowych i efektów cieplnych towarzyszących przemianom i procesom wydzieleniowym stopów Zn-Al-Cu-Ti oraz Zn-Al-Ti.

Działalność dydaktyczna

Od początku trwania studiów doktoranckich a później na stanowisku adiunkta prowadzę zajęcia dydaktyczne (ćwiczenia, laboratoria, projekty, wykłady i seminaria) w zakresie specjalistycznych przedmiotów zawodowych z obszaru inżynierii materiałowej, metod badań materiałów oraz zarządzania i inżynierii jakości. Zajęcia te realizuję na studiach stacjonarnych I i II stopnia, na studiach wieczorowych i niestacjonarnych I i II stopnia. Prowadzone przeze mnie zajęcia obejmują wykłady, laboratoria i seminaria z przedmiotów: „Podstawy Nauki o Materiałach”, „Materiały inżynierskie”, „Metalowe Materiały Inżynierskie”, „Technologie Metali”, „Metody Badań Materiałów”, „Obróbka Ciepła”, „Materiały Ceramiczne”, „Biomateriały”, „Zaawansowane Materiały Inżynierskie”, „Moduł Humanistyczno – Ekonomiczno - Społeczny”.

W ramach opieki nad studentami byłem **promotorem ok. 15 prac dyplomowych** magisterskich realizowanych na studiach stacjonarnych II stopnia oraz **28 prac dyplomowych inżynierskich i projektów inżynierskich realizowanych** na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych I stopnia (**załącznik 6**).

Opracowałem autorskie cykle wykładów i laboratoriów z następujących przedmiotów:

- *Kształtowanie właściwości materiałów inżynierskich* - 15 wykładów 1,5 h dla studiów stacjonarnych i niestacjonarnych II stopnia, kierunek: Informatyka Przemysłowa;
- *Rynek Materiałów Metalowych* – 7 wykładów 1,5 h dla studiów stacjonarnych II stopnia, kierunek: Inżynieria Materiałowa;
- *Urządzenia i Instalacje Technologii Ochrony Środowiska* - 15 wykładów 1,5 h dla studiów stacjonarnych II stopnia, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, specjalność: Technologie Utylizacji i Recyklingu;
- *Moduł Humanistyczno-Ekonomiczno-Społeczny* - 6 wykładów 1,5 dla studiów stacjonarnych II stopnia,
- *Biomateriały* – 7 wykładów 1,5 h dla studiów stacjonarnych II stopnia, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (wykład prowadzony w latach 2002 – 2006 dla specjalności Inżynieria Medyczna),
- *Fizykochemia Materiałów Biologicznie Czynnych* – 7 wykładów 1,5 h dla studiów stacjonarnych II stopnia, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (wykład prowadzony w latach 2002 – 2006 dla specjalności Inżynieria Medyczna),
- *Marketing* - 7 wykładów 1,5 h dla studiów stacjonarnych II stopnia, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, specjalność: Technologie Utylizacji i Recyklingu,
- *Fizyka Środowiska* - 7 wykładów 1,5 h dla studiów stacjonarnych II stopnia, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, specjalność: Technologie Utylizacji i Recyklingu,
- laboratorium pt. *Phase stability diagrams: bi-component systems. Calculation of phase composition and amount of liquid phase* – 2h dla programu Erasmus,
- laboratorium pt. *Korozja Materiałów Biomedycznych* do którego skompletowałem specjalistyczny zestaw próbek do badań oraz opracowałem metodykę badań,
- laboratorium pt: *Dwuskładnikowe układy równowagi fazowej oraz Trójskładnikowe układy równowagi fazowej* dla których przygotowałem instrukcje do wykonania ćwiczeń oraz przygotowałem zadania do rozwiązania,
- laboratorium pt: *Materiały o szczególnych właściwościach fizycznych i chemicznych* do którego skompletowałem specjalistyczny zestaw próbek do badań oraz opracowałem metodykę badań,
- Laboratorium pt. *Modelowanie i symulacji dynamiczna przy użyciu oprogramowania „Vensim”* dla kierunku Informatyka Przemysłowa.

Aktywnie uczestniczę w działalności dydaktycznej Wydziału pełniąc funkcje w Komisjach i Zespołach między innymi będąc członkiem:

- Wydziałowej Komisji ds. Rekrutacji
- Wydziałowej Komisji ds. Rozkładu Zajęć
- Wydziałowej Komisji ds. Egzaminów na studiach I stopnia
- Wydziałowej Komisji ds. Obron prac dyplomowych na studiach II stopnia

Działalność organizacyjna

Od 1995 roku jestem członkiem Stowarzyszenia Absolwentów Wydziału Metalurgii i Inżynierii Materiałowej. Jako **członek Zarządu Stowarzyszenia Absolwentów** biorę aktywny udział w organizacji seminarium „Nowe Technologie i Materiały w Metalurgii i Inżynierii Materiałowej” (obecnie „Conference on Technologies and Properties of Modern Utility Materials” – TPMUM”) oraz w organizacji corocznych obchodów dnia Hutnika (święto Wydziału). Brałem czynny udział w organizacji obchodów 30, 35, 40 i 45 - lecia Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii.

Brałem udział w utworzeniu na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii **Laboratorium Badań Elektrochemicznych i Korozji**. Od 2002 roku biorę aktywny udział w pracach Wydziałowej komisji ds. rozkładów zajęć gdzie początkowo zajmowałem się układaniem rozkładów zajęć dla studiów dziennych a obecnie układaniem rozkładów zajęć dla studiów zaocznych I stopnia oraz przydziałem sal dla studiów wieczorowych i zaocznych (dla całego Wydziału). Biorę również udział w pracach komisji ds. Rekrutacji. Od 2010 roku jestem **sekretarzem Komisji ds. Egzaminów Dyplomowych dla studiów II stopnia**, obecnie dla kierunku „Materiały w Środkach Transportu”. Brałem również udział w pracy Komisji ds. Egzaminów Dyplomowych dla studiów I stopnia (jako sekretarz komisji).

Za działalność organizacyjną byłem wyróżniany **nagrodami JM Rektora Politechniki Śląskiej**.

Sumaryczne zestawienie nagród za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną oraz innych wyróżnień i certyfikatów zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie nagród za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną

Rodzaj osiągnięcia
Nagroda JM Rektora zespołowa III stopnia, Gliwice 2014 rok za osiągnięcia organizacyjne
Nagroda JM Rektora zespołowa II stopnia, Gliwice 2012 rok za osiągnięcia organizacyjne
Nagroda JM Rektora zespołowa I stopnia, Gliwice 1998 rok za osiągnięcia organizacyjne
Nagroda JM Rektora za bardzo dobre wyniki w nauce, Gliwice 1992 rok
Inne
Certyfikat Uczestnictwa w międzynarodowej konferencji ACEX287, Madryt 2013
Umowa o współpracy z NCBiR, Warszawa 09.11.2011.
Zaświadczenie o ukończeniu szkolenia „Przygotowanie do pracy w charakterze kierownika projektów badawczych” Katowice 05.04-09.06.2011
Zaświadczenie o ukończeniu szkolenia „Antykorozja” Systemy-Materiały-Powłoki 09-11.04.2008
Certyfikat uczestnictwa w XIII Ogólnopolskim Sympozjum Naukowo-Technicznym Poraj 2007
Zaświadczenie o ukończeniu studium doktoranckiego „Inżynieria materiałowa tworzyw dla medycyny i biologii” Katowice 31.03.1999.
Zaświadczenie o ukończeniu kursu „Zagrożenia elektromagnetyczne” Gliwice 26.01. 1996

Osiągnięcia zgodnie z wymogami Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz.U. Nr 196, poz. 1165)

Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	TAK	10(4)
Zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	NIE	0
Udzielone patenty, zgłoszenia patentowe międzynarodowe i krajowe	NIE	0
Monografie, publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych	TAK	2
Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych	NIE	0
Materiały konferencyjne	TAK	11
Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR)	6,916 (9,671*)	
Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)	51	
Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	3	
Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus	45	
Indeks Hirscha według bazy Scopus	4	
Udział w międzynarodowych i krajowych projektach badawczych przed / po uzyskaniu tytułu doktora	TAK	3 / 4
Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową lub artystyczną	TAK	1
Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach / Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	TAK	1 / 18
Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	TAK	7
Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione wyżej	TAK	3
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	NIE	0
Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	TAK	2
Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki Przygotowanie materiałów dydaktycznych, zajęć laboratoryjnych, projektowych	TAK	13
Opieka naukowa nad studentami i lekarzami w toku specjalizacji	TAK	42
Wykonanie ekspertyzy lub innego opracowania na zamówienie	NIE	0
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	NIE	0
Recenzowanie projektów międzynarodowych / krajowych	TAK	6 / 14
Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych (z listy JCR) / krajowych	TAK	10 / 6
* publikacje w druku		

Prof. Miodobit