

Kraków, 16 lipca 2018r.

**dr inż. Grzegorz Kiesiewicz,**  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica w Krakowie,  
Wydział Metali Nieżelaznych,  
Katedra Przeróbki Plastycznej i  
Metaloznawstwa Metali Nieżelaznych,  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

## **AUTOREFERAT**

*o działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej*

I. Imię i Nazwisko

Grzegorz Kiesiewicz

II. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

***Doktor nauk technicznych (obrona z wyróżnieniem):***

kierunek: Metalurgia,  
specjalność: Przeróbka Plastyczna,  
tytuł pracy: „Teoretyczno-doświadczalna analiza procesu ciągnięcia przewodów jezdnych z wykorzystaniem ciągaadeł z polikrystalicznego diamentu syntetycznego”,  
data obrony: 22.10.2013r.,  
miejsce obrony: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych,  
promotor: prof. dr hab. inż. Tadeusz Knych,  
recenzenci: prof. dr hab. inż. Józef Zasadziński,  
prof. dr hab. inż. Jan Pilarczyk.

***Magister inżynier:***

kierunek: Metalurgia,  
specjalność: Przeróbka Plastyczna,  
tytuł pracy: „Badania nad technologią wytwarzania przewodów jezdnych typu trolej z miedzi beztlenowej z dodatkiem srebra, z linii UPCAST”,  
data obrony: 10.07.2008r.,  
miejsce obrony: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych,  
promotor: prof. dr hab. inż. Tadeusz Knych.

III. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

24.11.2017 – obecnie: **Adiunkt**,  
Wydział Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Katedra Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa Metali Nieżelaznych, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

24.09.2013 – 24.11.2017: **Asystent**,  
Wydział Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Katedra Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa Metali Nieżelaznych, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

IV. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) **Tytuł osiągnięcia naukowego:**

*Monografia habilitacyjna „Nowoczesny system podwieszenia kolejowej górnej sieci trakcyjnej”*

b) **Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy:**

autor: Grzegorz Kiesiewicz,  
tytuł pracy: „Nowoczesny System Podwieszenia Kolejowej Górnej Sieci Trakcyjnej”,  
rok wydania: 2018r.,  
nazwa wydawnictwa: Oficyna Wydawnicza "Impuls",  
recenzenci wydawniczy: prof. dr hab. inż. Jan Pilarczyk,  
dr hab. inż. Paweł Kwaśniewski.

c) **Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania**

Tematyka wskazanej powyżej monografii, stanowiącej główne osiągnięcie naukowe w postępowaniu habilitacyjnym dotyczącym mojej osoby, koncentruje się na kompleksowym zagadnieniu zaprojektowania, wykonania, przebadania i wdrożenia do produkcji oryginalnego rozwiązania konstrukcyjnego dotyczącego nowoczesnego systemu podwieszenia trakcji kolejowej, który dedykowany jest do rozwiązań i charakterystyki polskiego rynku trakcyjnego przy jednoczesnej możliwości jego wykorzystania za granicami naszego kraju. Takie szerokie postawienie problemu badawczego oraz konstrukcyjno-technologicznego wynikało wprost z zapotrzebowania rynku krajowego, na którym brak jest nowoczesnych rozwiązań konkurencyjnych, a obecnie stosowane konstrukcje datuje się na kilkadziesiąt lat wstecz. Wykonanie zakładanego i przedstawionego powyżej celu wymagało opracowania kompleksowego planu jego realizacji, który w pierwszym etapie koncentrował się na szczegółowej, ogólnosiwiatowej analizie literaturowej stanu zagadnienia oraz badaniach teoretycznych i laboratoryjnych dotychczasowych rozwiązań systemów podwieszenia. W dalszej kolejności rozpoczęty został blok badań projektowych umożliwiający zaproponowanie pierwszej koncepcji nowego typu rozwiązania. W toku prowadzonych prac przeanalizowano własności technologiczne różnego rodzaju materiałów konstrukcyjnych opartych o stopy aluminium serii 6xxx pod kątem możliwości ich wykorzystania do budowy poszczególnych elementów składowych nowego systemu podwieszenia, co wespół z opracowaniem nowego układu konstrukcji, nowej geometrii głównego profilu nośnego oraz nowego systemu mocowania poszczególnych elementów systemu pozwoliło na opracowanie końcowego projektu nowego typu podwieszenia trakcji kolejowej. W kolejnym etapie prac zaprojektowana i przebadana została technologia produkcji wszystkich części składowych systemu, co pozwoliło na wykonanie jego pierwszego prototypu i następnie przebadanie go w

warunkach stanowiskowych. Pozytywne wyniki tych badań potwierdzające wysokie walory wytrzymałościowe konstrukcji umożliwiły rozpoczęcie prac poligonowych, które przeprowadzono dwuetapowo tj. z wykorzystaniem infrastruktury toru doświadczalnego w Żmigrodzie (jako jedynego tego typu obiektu w Polsce) oraz w warunkach rzeczywistych na szlaku kolejowym Daleszewo – Szczecin Podjuchy, gdzie system ten pracował w warunkach trakcyjnych przez okres jednego roku z uwzględnieniem planowego ruchu pojazdów szynowych (zarówno pasażerskich jak i towarowych). Zakończenie rocznego okresu eksploatacji nadzorowanej pozwoliło w końcowym etapie prac omawianych w monografii na uzyskanie we wrześniu 2017 roku dopuszczenia zaprojektowanego systemu podwieszenia do powszechnego stosowania (i tym samym sprzedaży) w obrębie polskiej infrastruktury kolejowej.

Syntetyczne omówienie uzyskanych i przedstawionych w monografii wyników prac chciałbym rozpocząć chronologicznie od badań teoretycznych i doświadczalnych dotyczących klasycznych systemów podwieszenia trakcji kolejowej, które na dzień dzisiejszy stosowane są na szeroką skalę w Polsce. Konstrukcje te w ogólnie przyjętym podstawowym schemacie budowy trakcji kolejowej odpowiadają za utrzymanie ciężaru górnej sieci trakcyjnej, która w swej istocie jest układem lin i przewodów pozwalających na zasilanie w energię elektryczną pojazdów szynowych. Następuje to bezpośrednio poprzez ślizgowy kontakt przewodu jezdnego z nakładką stykową pantografu lokomotywy. Sam system podwieszenia mocowany jest na ściśle określonej wysokości do tzw. słupów i bramek trakcyjnych i jako niezwykle istotny element pośredni pozwala również na odsunięcie konstrukcji wsporczej od tzw. skrajni kolejowej. Dzięki niemu możliwe jest zamocowanie górnej sieci trakcyjnej bezpośrednio nad osią toru jazdy pojazdu szynowego przy jednoczesnym zapewnieniu braku kolizji konstrukcji wsporczych z poruszającymi się składami kolejowymi. Z uwagi na bezpośredni kontakt systemu podwieszenia z przewodem jezdny, który pracuje pod napięciem, musi on być odizolowany elektrycznie od konstrukcji wsporczej (i tym samym od podłoża) za pomocą tzw. izolatorów trakcyjnych. Tradycyjne i najpowszechniejsze obecnie rozwiązanie konstrukcyjne systemów podwieszenia bazuje na wieloelementowej, stalowej konstrukcji rurowej z odciągiem. Rozwiązanie to cechuje duża ilość elementów (ok. 12 głównych części składowych) i tym samym duża ilość połączeń śrubowych, co w praktyce przekłada się na trudności montażowe oraz utrudnienia związane z okresową koniecznością regulacji sieci trakcyjnej i tym samym koniecznością regulacji położenia poszczególnych elementów systemu podwieszenia.

W celu oszacowania wytrzymałości mechanicznej tego typu konstrukcji przeprowadzona została analiza numeryczna tradycyjnej wersji systemu podwieszenia, która zrealizowana została przy pomocy Metody Elementów Skończonych (w skrócie MES) z wykorzystaniem oprogramowania ANSYS Mechanical, uwzględniając szczegółowe wytyczne PKP odnośnie schematu obciążenia tego typu konstrukcji, co zawarte zostało w dokumencie normatywnym PKP let-110. Bezpośrednie porównanie otrzymanych wyników tych analiz pokazuje, że w obu schematach obciążenia, tradycyjna konstrukcja wsporcza, która w dalszej części prac stanowiła odnośnik dla nowego typu systemu podwieszenia, wyężona jest w sposób mocno nierównomierny. W niektórych obszarach (np. przy uchwycie ramienia odciągowego lub przy dolnym mocowaniu izolatora trakcyjnego) uzyskane wartości naprężeń zbliżają się lub nawet przekraczają poziom granicy plastyczności metalu z jakiego jest ona wykonana. W innych rejonach konstrukcja ta jest natomiast mocno niedowymiarowana, a uzyskane wartości naprężeń są bliskie zeru. Na podstawie uzyskanych wyników badań numerycznych oraz przeprowadzonych w

następnym etapie laboratoryjnych badań własności użytkowych elementów konstrukcji tj. badań siły wyślizgu, relaksacji sił docisku oraz poziomu zabezpieczenia antykorozyjnego, opracowane zostały wytyczne do projektowania nowego rodzaju konstrukcji, które wykonano we współpracy (konsultacje) z kadrą naukową Instytutu Kolejnictwa oraz pracownikami PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Wytyczne te zakładały, że nowy typ systemu podwieszenia powinien zapewnić odpowiednie parametry konstrukcyjne sieci trakcyjnej i powinien cechować się pełną funkcjonalnością i kompatybilnością zastosowania z uwagi na jego przeznaczenie jako zamiennika dotychczasowych rozwiązań do sieci tradycyjnych oraz cechować się m.in.

- wysoką odpornością korozyjną (optymalnie czas pracy min. 30 lat) wykazaną w testach symulujących w komorze solnej dla czasu ekspozycji min. 336 godzin, na podstawie braku występowania znaczących ubytków na powierzchni metalu,
- stopniem relaksacji sił docisku połączeń śrubowych na poziomie poniżej 8% w teście 24 h (w wybranych przypadkach elementów mniej odpowiedzialnych dopuszcza się max. 10%),
- brakiem zjawiska ślizgania się elementów konstrukcji pomiędzy sobą oraz brakiem ślizgania się całego systemu podwieszenia względem konstrukcji wsporczych, pod wpływem występujących w trakcji zmiennych obciążeń eksploatacyjnych,
- siłą wyślizgu elementów przenoszących naciąg sieci trakcyjnej na poziomie min. 30% większym od założonej siły nominalnej (uwzględniającej współczynniki bezpieczeństwa dla danego elementu),
- prostotą montażu (minimalizacja ilości oraz rodzajów zastosowanych połączeń śrubowych),
- niską masą (obniżenie masy w stosunku do aktualnie stosowanych rozwiązań),
- wysoką estetyką.

W celu opracowania koncepcji nowego systemu podwieszenia konieczne było przeprowadzenie szczegółowej analizy literaturowej stanu zagadnienia, która uwzględniała przede wszystkim informacje dotyczące historii, rozwoju i zasady działania różnego rodzaju ogólnosiwiatowych rozwiązań konstrukcyjnych podwieszeń trakcji kolejowej. Analizę tę przeprowadzono w oparciu o dostępną wiedzę literaturową, patentową oraz karty katalogowe producentów tego typu wyrobów. Pozwoliło to na pełne przeanalizowanie zarówno najstarszych rozwiązań noszących znamiona obecnie stosowanych konstrukcji, które datuje się na lata 1935 (Patent DE 608282 C) i 1938 (Patent DE 658973 C) jak i nowoczesnych rozwiązań zagranicznych dedykowanych do transportu szynowego z uwzględnieniem tzw. linii dużych prędkości jazdy. Rozwiązania te to m.in. opatentowany w 2012 roku system OMNIA, który wdrożony został do sprzedaży przez koncern BONOMI oraz opatentowany w roku 2016 system podwieszenia którego właścicielem jest międzynarodowy koncern ALSTOM. Warto tutaj podkreślić, że wszystkie przeanalizowane i szczegółowo omówione w monografii przykłady systemów podwieszenia kolejowej górnej sieci trakcyjnej zaprojektowane zostały dla konkretnych systemów zasilania. Najczęściej w przypadku nowoczesnych rozwiązań opracowano je z myślą o sieciach zasilanych prądem AC 15 lub 25 kV, przy uwzględnieniu lokalnych warunków ekonomicznych danego kraju lub krajów, w których miały być one wykorzystane. W przypadku rozwiązań rodzimych, opartych na sieci jezdnej zasilanej prądem stałym o napięciu 3 kV, okazało się, że nie istnieją żadne przykłady nowoczesnych rozwiązań systemów podwieszenia, co wespół z opracowanymi wytycznymi stworzyło podstawy do podjęcia prac badawczo-rozwojowych nad opracowaniem nowego typu rozwiązania

konstrukcyjnego, które dostosowane będzie do krajowych wymagań odbiorców tego typu konstrukcji, również z uwzględnieniem aspektu finansowego.

Nowo opracowana koncepcja systemu podwieszenia uwzględnia całkowitą modyfikację dotychczas znanego i stosowanego w Polsce układu jej poszczególnych elementów składowych. Zastosowano w niej główny profil nośny, który znajdować się będzie w płaszczyźnie poziomej, równoległe do konstrukcji wsporczej. Element ten zaprojektowany powinien być tak, aby przenieść obciążenia występujące w trakcji kolejowej związane z ciężarem sieci jezdnej oraz dynamiką pracy układu w trakcie cyklicznych przejazdów różnego rodzaju pociągów (drgania sieci, parcie wiatru itp.). Następnie określono, iż do głównego profilu nośnego zamontowane będą wspornik uchwytu liny nośnej (powyżej głównego poziomego profilu) oraz wspornik uchwytu ramienia odciągowego, który znajduje się poniżej głównej belki nośnej. Dodatkowo w celu podniesienia sztywności całej konstrukcji oraz ograniczeniu jej końcowej masy uwzględniono w niej odciąg biegnący od słupa do głównego profilu nośnego. Dzięki takiemu zabiegowi możliwe było zmniejszenie wymiarów zewnętrznych głównego profilu nośnego i tym samym znaczne obniżenie jego masy.

Kolejnym niezwykle istotnym etapem procesu projektowania nowego typu systemu podwieszenia były badania laboratoryjne dotyczące doboru odpowiedniego rodzaju materiału, który posłużyłby do produkcji jego poszczególnych elementów składowych. Na etapie opracowywania wytycznych wstępnie założono, iż materiałem tym będzie wybrany, wysokowytrzymały stop aluminium, który cechować musi się szerokim zespołem własności technologicznych umożliwiającymi jego zastosowanie do produkcji elementów składowych nowoczesnego systemu podwieszenia. Na podstawie przeprowadzonych analiz oraz dyskusji określono, że badaniom docelowym poddane zostaną dwa stopy serii 6xxx, a konkretnie stop EN AW-6060 w stanie T66 oraz EN AW-6082 w stanie T6. Oba materiały poddano analizie wybranych własności wytrzymałościowych i technologicznych co umożliwiło ocenę przydatności ich zastosowania w dalszych pracach konstrukcyjnych. W szczególności zrealizowane prace obejmowały analizę literaturową podstawowych własności obu ww. materiałów oraz laboratoryjne badania weryfikujące te dane, badania nad procesem łączenia stopów aluminium metodą spawania, badania relaksacji naprężeń oraz badania odkształcalności w próbie zginania, spłaszczania i rozciągania rur oraz w próbie kucia matrycowego i tłoczności metodą Erichsena. Ogół przeprowadzonych prac badawczych pozwolił zdecydować, iż docelowym materiałem przeznaczonym do produkcji głównych elementów składowych nowego systemu podwieszenia będzie stop EN AW-6082 w stanie T6. Jak się okazało materiał ten posiada wyższe własności wytrzymałościowe zarówno w stanie litym jak i po procesie łączenia metodą spawania, co zapewnić powinno projektowanej konstrukcji wysoki poziom własności mechanicznych. Zrealizowane badania odkształcalności wykazały również, że w stosunku do stopu EN AW-6060 T66, materiał ten charakteryzuje co prawda niższy poziom plastyczności, ale w przypadku zastosowania korzystnego schematu naprężenia (optymalnie trójosiowe ściskanie) w procesach przeróbki plastycznej na gorąco - takich jak kucie czy wyciskanie, zapas jego plastyczności powinien być wystarczający nawet do wykonania elementów o skomplikowanej, wielospójnej geometrii. Dodatkowo na podstawie kompletu badań przyjęto, że drobniejsze elementy projektowanego systemu wykonane mogą zostać również ze stali nierdzewnej w gat. 1.4301 jako materiału o wysokiej odporności korozyjnej oraz wysokim poziomie własności mechanicznych.

Dobór odpowiedniego rodzaju materiału pozwolił w dalszej kolejności na rozpoczęcie badań projektowych i numerycznych dotyczących opracowania optymalnej geometrii nowoprojektowanej konstrukcji. Badania te początkowo zrealizowane zostały dla wstępnie określonej geometrii głównego profilu nośnego oraz wstępnie wytypowanej ogólnej konstrukcji systemu podwieszenia, która uwzględniała mocowanie odciagu bezpośrednio do głównego profilu nośnego. Szczegółowo przeprowadzona analiza metodą elementów skończonych tego modelu pozwoliła na stwierdzenie, iż przesunięcie miejsca mocowania odciagu konstrukcji z głównego profilu nośnego na wspornik uchwytu liny nośnej, przełoży się na istotny wzrost sztywności całego układu, co zostało potwierdzone za pomocą dodatkowego bloku badań numerycznych. Opracowane pierwsze geometrie głównego profilu nośnego zaprojektowano tak, aby umożliwić ich łączenie między sobą i jednocześnie uniemożliwić obracanie się łączonych elementów względem siebie. W opracowanych koncepcjach zostało to zapewnione poprzez zastosowanie wpustów po obu stronach profilu, które w początkowych etapach prac przyjęły postać kształtu prostokątnego. W ramach kolejnych prac i analiz ostatecznie zdecydowano się, że wpust ten powinien posiadać kształt litery „T”. Zastosowanie tego typu mocowania uchwytu, oprócz uniemożliwienia obracania się łączonych elementów między sobą, powinno jednocześnie zapewnić możliwość swobodnej regulacji położenia wspornika uchwytu liny nośnej oraz wspornika uchwytu ramion odciągowych na głównym profilu nośnym systemu podwieszenia. Koncepcyjna geometria głównego profilu nośnego oparta była na kształcie prostokąta z zaokrąglonymi narożami. Wysokość profilu wstępnie założono na poziomie 110 mm a szerokość wynosiła 70 mm. Promień zaokrąglenia naroży prostokąta wynosił natomiast 5 mm. W geometrii profilu wycięte zostały symetrycznie względem osi symetrii dwa wpusty w kształcie litery „T”, które pełnić będą rolę prowadnic dla uchwytów systemu nośnego. Wewnątrz profilu zaprojektowano 3 poprzeczki o grubości 3 mm, wszystkie biegnące od środka do jego zewnętrznych ścian. W samym środku ciężkości profilu wycięty został okrąg o średnicy 24 mm. Na tym etapie opracowana koncepcyjna geometria profilu nośnego uwzględniała podstawowe założenia dotyczące m.in. jej ogólnych wymiarów czy sposobu łączenia z pozostałymi elementami projektowanej konstrukcji. W dalszej kolejności należało ją jednak poddać optymalizacji z punktu widzenia jej własności wytrzymałościowych oraz masy, co zrealizowano przy pomocy programu ANSYS metodą MES. Zakres zaprojektowanych rodzajów wielospójnej geometrii głównego profilu nośnego obejmował kilkanaście typów, uwzględniających różne modyfikacje opracowanej uprzednio geometrii i wymiarów jej poszczególnych elementów. Dla wszystkich opracowanych modeli zastosowano dokładnie te same warunki brzegowe tj. głównie schemat odkształcenia, gęstości siatki elementów skończonych oraz własności użytych modeli materiałowych. Uzyskane wyniki badań i ich analiza pozwoliły na opracowanie końcowej koncepcji przekroju poprzecznego głównego profilu nośnego, która posiadała optymalny z punktu widzenia postawionych założeń, stosunek jej masy do własności wytrzymałościowych.

W ramach dalszych prac projektowych opracowane zostały również trzy innowacyjne wersje mocowań poszczególnych elementów konstrukcji, z których ostatecznie jako najbardziej obiecująca wybrana została ta składająca się z dwóch elementów odwzorowujących zewnętrzną geometrię głównego profilu nośnego, które po złożeniu ze sobą i zamocowaniu na profilu nośnym posiadały szczelinę w środku. Ustalenie dokładnej pozycji położenia mocowania polegało w tym przypadku na wybraniu ww. szczeliny poprzez dokręcenie dwóch śrub znajdujących się w górnej części mocowania. Rozwiązanie to, porównując względem innych analizowanych wersji systemów łączenia, cechuje się przede wszystkim wysokim poziomem własności użytkowych w postaci prostoty montażu oraz łatwości

regulacji połączenia przy jednoczesnym fakcie, iż całe mocowanie zespolone będzie z wspornikiem uchwyty ramienia odciągowego i uchwyty liny nośnej tworząc jeden element, co pozwoli na uproszczenie budowy systemu podwieszenia. Docelowa geometria uchwyty zoptymalizowana została na podstawie wyników przeprowadzonych symulacji numerycznych.

W ramach ostatniego etapu projektowych prac badawczych, opracowany został końcowy model nowego typu systemu podwieszenia, uwzględniający wszystkie jego najważniejsze elementy składowe tj. mocowania do konstrukcji wsporczej, przeguby, izolatory trakcyjne oraz poszczególne połączenia śrubowe. Model ten poddano końcowej analizie metodą elementów skończonych wg wymagań PKP wykazując jednoznacznie, że konstrukcja ta zaprojektowana została adekwatnie do wymagań jej stawianych.

Zaprojektowana od podstaw nowa wersja systemu podwieszenia kolejowej górnej sieci trakcyjnej wymagała opracowania szczegółowej technologii wytwarzania wszystkich jej komponentów składowych. W zależności od stopnia skomplikowania poszczególnych elementów oraz materiału z jakiego zostały one wykonane, dobrane procesy technologiczne pozwolić musiały na otrzymanie wyrobów o wysokiej jakości zarówno wewnętrznej jak i powierzchniowej oraz, co równie istotne z uwagi na komercyjny charakter systemu, technologie te posiadać musiały odpowiednią wydajność i jednocześnie cechować się możliwie niskimi kosztami produkcyjnymi. Warto tutaj nadmienić, że już na etapie projektowania nowego systemu podwieszenia, większość rozwiązań opracowana została tak, aby umożliwić wykorzystanie konkretnych technologii produkcji, co zdecydowanie zwiększało możliwość ich późniejszego wykorzystania w docelowym, komercyjnym rozwiązaniu nowoczesnego systemu podwieszenia. W ramach zrealizowanych i przedstawionych w monografii prac zaprojektowano technologię produkcji głównego profilu nośnego i jego mocowania bazując na procesie współbieżnego wyciskania matrycowego stopu EN AW-6082 i jego obróbki cieplnej na stan T6. W przypadku większości pozostałych elementów tj. dla uchwyty liny nośnej, uchwyty ramion odciągowych, mocowania systemu podwieszenia do konstrukcji wsporczej, ramion odciągowych oraz odciagu zastosowane technologie opierały się głównie na procesach gięcia oraz procesach obróbki mechanicznej elementów wykonanych ze stali nierdzewnej w gat. 1.4301. Jedynie w przypadku przegubu izolatora trakcyjnego, z uwagi na jego kształt i wymiary, zdecydowano się na wykorzystanie stopu EN AW-6082 oraz procesu odlewania kokilowego, obróbki cieplnej oraz wykańczającej obróbki mechanicznej odlewu. Wykonane komponenty składowe systemu podwieszenia trakcji kolejowej zostały w kolejnym toku prac poddane szczegółowym badaniom laboratoryjnym ich własności użytkowych. Badania te uwzględniały analizę własności wytrzymałościowych spoiny wspornika systemu podwieszenia oraz własności wytrzymałościowych odciagu i przegubu izolatora, badania siły wyslizgu uchwyty systemu podwieszenia, badania relaksacji naprężeń połączeń śrubowych, badania własności eksploatacyjnych konstrukcji ramienia odciągowego oraz badania odporności korozyjnej wybranych elementów systemu w komorze solnej. Uzyskane w ten sposób wyniki pozwoliły na wstępną weryfikację poprawności zaprojektowania i wykonania tych elementów oraz w miarę potrzeb, na optymalizację ich konstrukcji, co w dalszej kolejności umożliwiło budowę pierwszego prototypu nowego systemu podwieszenia i poddanie go, jako całości, dalszym badaniom laboratoryjnym i poligonowym.

Do badań laboratoryjnych obciążenia konstrukcji wytypowana została wersja o najdalszym możliwym położeniu przewodu jezdnego od czoła konstrukcji wsporczej, w ramach której z uwagi na przyłożone momenty sił, występować miały najwyższe wartości naprężeń oraz odkształceń. Badania te



obejmowały w pierwszej kolejności opomiarowanie poszczególnych elementów składowych systemu podwieszenia za pomocą oporowych czujników tensometrycznych z uwzględnieniem kompensacji wpływu temperatury na mierzone wartości. Całościowo zainstalowanych zostało 9 tensometrów czynnych oraz 9 kompensacyjnych, których lokalizacja wynikała z przeprowadzonych uprzednio analiz numerycznych tj. występowania w konstrukcji obszarów o najwyższych wartościach naprężeń. Następnie tak wykonane oraz przygotowane do badań elementy składowe połączone zostały w całość i przymocowane do modelu konstrukcji wsporczej, umożliwiając tym samym wykonanie prototypu nowego systemu podwieszenia. Przyjęty w omawianych badaniach stanowiskowych schemat obciążenia był zgodny z uprzednio przyjętymi wytycznymi. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że nowa konstrukcja systemu podwieszenia wytrzymała była w sposób bezpieczny. Bezpośrednie porównanie uzyskanych wyników badań z wartościami granic plastyczności dla stopu aluminium EN AW-6082 w stanie T6 oraz stali nierdzewnej w gat. 1.4301 pozwala również stwierdzić, iż zachowany został wymagany przez PKP współczynnik zapasu wytrzymałości konstrukcji na poziomie ok. 3. Na tej podstawie opracowany system podwieszenia skierowany został do dalszych badań w warunkach poligonowych tj. na torze doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa oraz na rzeczywistym odcinku trakcyjnym uwzględniającym nadzorowany ruch pojazdów szynowych. Badania te zakończono ostatecznie 22 września 2017 roku, co pozwoliło na jednoznaczne wykazanie, że zaprojektowany od podstaw nowoczesny system podwieszenia trakcji kolejowej spełnia wszystkie wymagania zarządcy narodowej sieci linii kolejowych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.. Finalnie pozwoliło to na uzyskanie wymaganego do komercjalizacji dopuszczenia systemu podwieszenia do stosowania w polskich sieciach trakcyjnych.

Nowoopracowana, przetestowana i dopuszczona do stosowania konstrukcja systemu podwieszenia trakcji kolejowej posiada w stosunku do rozwiązań tradycyjnych, które są obecnie powszechnie wykorzystywane, szereg korzyści wynikających zarówno z zastosowania nowej geometrii oraz nowego rodzaju materiału z jakiego jest ona wykonana. W szczególności należy zaznaczyć, iż nowy system podwieszenia cechuje się o ponad połowę niższą masą oraz mniejszą liczbą elementów składowych i narzędzi niezbędnych do jego złożenia. Ostatecznie przekłada się to na skrócenie czasu jego montażu w zakresie od 30 do 50% w stosunku do obecnie wykorzystywanych konstrukcji. Mając na uwadze wysoki stopień innowacyjności opracowanego rozwiązania oraz aktualnie występujące zapotrzebowanie rynkowe na tego typu wyroby, zarówno w Polsce jak i za granicami naszego kraju, przeprowadzona została procedura pozwalająca na poddanie nowej konstrukcji systemu podwieszenia ochronie własności intelektualnej. W tym celu opracowany oraz zgłoszony został opis wynalazku pt. „Układ podwieszeń kabli trakcji elektrycznych, zwłaszcza kolejowych, tramwajowych i/lub linii metra” oraz wzór przemysłowy Unii Europejskiej - OHIM pt. „Podwieszenie kabli trakcji elektrycznej”.

Należy w tym miejscu również zaznaczyć, że część zagadnień omówionych powyżej oraz zaprezentowanych w opracowanej monografii habilitacyjnej zrealizowana została w zespole roboczym składającym się nie tylko z mojej osoby, ale również innych naukowców z Wydziału Metali Nieżelaznych, AGH oraz konstruktorów, inżynierów i technologów z firmy MABO przy wsparciu merytorycznym ekspertów z Instytutu Kolejnictwa z Warszawy. Uwzględnienie tych badań pozwoliło na ujęcie w monografii wszystkich najważniejszych aspektów związanych z projektowaniem, wykonaniem i badaniami przedmiotowego rozwiązania konstrukcyjnego, a nie jedynie zaprezentowanie wyników

wyłącznie własnych prac badawczych w obrębie poruszanej tematyki, co zdaniem autora znacznie ograniczyłoby wartość naukową oraz technologiczną przedkładanego opracowania.

Podsumowując stwierdza się, że przedkładana monografia oraz problematyka w niej poruszona wpisuje się w wymagania dotyczące kwalifikacji kadry naukowej dla postępowań o nadanie stopnia doktora habilitowanego poprzez zrealizowanie oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego oraz technologicznego (wymienionego w punkcie 2 art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.)), dotyczącego nowoczesnego systemu podwieszenia trakcji kolejowej, dedykowanego głównie do lokalnych uwarunkowań Polskiej infrastruktury kolejowej, przy jednoczesnym zapewnieniu możliwości jego stosowania poza granicami naszego kraju. Uznaje się również, że monografia stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny metalurgia poprzez zaprojektowaną i opisaną przez autora w pracy ścieżkę naukowo-technologiczną pozwalającą na pierwsze tego typu (oraz w tej skali) zastosowanie wysokowytrzymałych stopów aluminium w aplikacjach związanych z kolejową górną siecią trakcyjną. W szczególności opracowanie ww. kompleksowej technologii projektowania nowego systemu podwieszenia uwzględnia zagadnienia takie jak:

- metodologię opracowania wymagań i wytycznych stanowiących bazę do prowadzonych w dalszej kolejności prac projektowych,
- dobór odpowiedniego materiału konstrukcyjnego do zastosowania w projektowanej geometrii, co wymaga określenia poziomu jego własności mechanicznych, plastycznych i eksploatacyjnych biorąc pod uwagę wcześniej opracowane wymagania,
- proces projektowania koncepcji i geometrii poszczególnych elementów systemu oraz konstrukcji jako całości i ich międzyoperacyjne oraz końcowe badania z wykorzystaniem metody elementów skończonych,
- dobór odpowiednich procesów technologicznych do wytwarzania zaprojektowanych elementów oraz badania ich własności eksploatacyjnych umożliwiającymi zaprojektowanie końcowej technologii wytwarzania systemu podwieszenia,
- badania stanowiskowe oraz poligonowe nowego typu konstrukcji z uwzględnieniem rzeczywistych warunków ich pracy,
- dopuszczenie zaprojektowanej i wykonanej konstrukcji do stosowania i sprzedaży na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań poligonowych.

W szczególności wkładem własnym autora monografii w opracowanie nowoczesnego systemu podwieszenia kolejowej górnej sieci trakcyjnej jest:

- analiza dotychczasowych rozwiązań systemów podwieszenia (rozdział 1), gdzie zrealizowane zostały indywidualnie przez autora zagadnienia dotyczące opisu budowy tradycyjnych systemów podwieszenia trakcji kolejowej, analizy patentowej i literaturowej światowych rozwiązań systemów podwieszeń oraz analizy numerycznej wyężenia tradycyjnego modelu podwieszenia trakcji kolejowej. Dodatkowo we współpracy z innymi naukowcami z Wydziału Metali Nieżelaznych, AGH autor przeprowadził badania dotyczące wybranych własności eksploatacyjnych elementów składowych systemu podwieszenia. Następnie we współpracy (konsultacje) z kadrami naukowymi

Instytutu Kolejnictwa oraz pracownikami PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. opracowane zostały przez autora wytyczne do projektowania nowego systemu podwieszenia,

- projekt nowego systemu podwieszenia kolejowej sieci trakcyjnej (rozdział 2) uwzględniający szeroko zakrojone zaangażowanie autora w zagadnienia dotyczące opracowania koncepcji nowego systemu podwieszenia oraz dobór i badania własności eksploatacyjnych wytypowanych materiałów konstrukcyjnych we współpracy ze specjalistami z AGH, MABO i IK oraz indywidualnie przeprowadzone badania nad opracowaniem ogólnej konstrukcji systemu podwieszenia, badania nad opracowaniem geometrii głównego profilu nośnego, badania nad opracowaniem systemu łączenia i mocowania profili nośnych oraz opracowanie i badania końcowego projektu systemu podwieszenia,
- opracowanie technologii wytwarzania i badania laboratoryjne nowego systemu podwieszenia trakcji kolejowej (rozdział 3), które dotyczyły w szczególności technologii produkcji głównego profilu nośnego i jego mocowania oraz pozostałych elementów systemu podwieszenia, badania laboratoryjne własności poszczególnych elementów układu podwieszenia i badania stanowiskowe prototypu nowego systemu podwieszenia. Badania te zrealizowane zostały pod nadzorem i przy czynnym współudziale autora monografii we współpracy z kadrą AGH oraz MABO w konsultacji ze specjalistami z IK,
- badania poligonowe systemu podwieszenia kolejowej sieci trakcyjnej (rozdział 4), gdzie autor czynnie współuczestniczył w zrealizowanych pracach badawczych dotyczących badań systemu podwieszenia w warunkach statycznych oraz dynamicznych na torze doświadczalnym w Żmigrodzie.

## **V. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych**

Historycznie ujmując moja praca naukowa rozpoczęła się na czwartym roku studiów magisterskich, które podjąłem na Wydziale Metali Nieżelaznych, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na kierunku Przeróbka Plastyczna i w tym czasie dotyczyła ona głównie badań nad technologią wytwarzania przewodów jezdnych typu trolej z miedzi beztlenowej z dodatkiem srebra, z linii UPCAST. Badania te zaplanowane zostały w celu weryfikacji możliwości zastosowania, z punktu widzenia własności mechanicznych oraz jakości powierzchni wyrobu końcowego, nowoczesnej technologii otrzymywania prętów miedzianych o średnicach powyżej 20 mm metodą odlewania ciągłego do góry, do produkcji przewodów jezdnych w procesie ciągnięcia. Uzyskane w ramach zrealizowanych prac wyniki badań, które stanowiły podstawę mojej pracy magisterskiej potwierdziły, że technologia ta może być z powodzeniem wykorzystana w warunkach przemysłowych co pozwoliło na jej późniejsze zastosowanie w zakładzie kablowym TELE-FONIKA Kable S.A. Jak można więc zauważyć, już od pierwszych zaplanowanych i zrealizowanych przeze mnie badań naukowych, głównym obszarem zainteresowania mojej pracy naukowo-badawczej była tematyka dotycząca opracowania nowych rodzajów materiałów oraz technologii ich przetwarzania przeznaczonych do praktycznej aplikacji w ogólnie rozumianej tematyce transportu szynowego, a konkretnie w obszarze tzw. kolejowej górnej sieci trakcyjnej.

Studia magisterskie zakończyłem oficjalnie 10 lipca 2008 roku po obronie mojej pracy dyplomowej pt. „Badania nad technologią wytwarzania przewodów jezdnych typu trolej z miedzi beztlenowej z dodatkiem srebra, z linii UPCAST®”, której promotorem był Pan prof. dr hab. inż. Tadeusz Knych, obecny dziekan Wydziału Metali Nieżelaznych, AGH. Na tej podstawie uzyskałem stopień naukowy mgr. inż. w dziedzinie metalurgia, co pozwoliło w dalszej kolejności na rozpoczęcia przeze mnie studiów doktoranckich 1 października 2008 roku na Wydziale Metali Nieżelaznych, realizowanych również pod opieką naukową Pana Profesora Tadeusza Knycha. Kontynuując zagadnienia naukowe poruszone przeze mnie w pracy magisterskiej, rozpocząłem badania dotyczące teoretyczno-doświadczalnej analizy procesu ciągnięcia przewodów jezdnych z wykorzystaniem ciągadeł z polikrystalicznego diamentu syntetycznego, prowadzone pod kątem podwyższenia ich końcowych własności wytrzymałościowych poprzez obniżenie temperatury odkształcanego metalu w przemysłowym procesie ciągnięcia. Poza przedstawionym powyżej celem aplikacyjnym, badania te posiadały również bardzo interesujący aspekt naukowy tj. teoretyczną analizę stanu plastycznego metalu w skomplikowanej kotlinie niekołowego profilu ciągadła trolejowego. Szczegółowa i kompleksowa analiza literaturowa nie pozwoliła znaleźć przykładów tego typu badań, a przegląd dostępnych metod pozwalających na sformułowanie problemu plastycznego płynięcia metalu pozwolił wybrać jako optymalną do analizy niniejszego zagadnienia metodę elementów skończonych. Ponadto przeprowadzone badania numeryczne umożliwiły uzyskanie charakterystyk naprężenia i odkształcenia metalu oraz oszacowanie nacisków jednostkowych występujących pomiędzy jego powierzchnią a powierzchnią części roboczej ciągadła. Całość opisanych powyżej i zrealizowanych badań oraz analiz pozwoliła na opracowanie przeze mnie pracy doktorskiej i tym samym 22 października 2013 roku, po obronie jej tematyki przed radą Wydziału Metali Nieżelaznych oraz zgromadzonymi gośćmi, na uzyskanie przeze mnie z wyróżnieniem tytułu doktora nauk technicznych w dziedzinie metalurgia. W międzyczasie 24 października 2013 roku zostałem przyjęty na etat asystenta do pracy na Wydziale Metali Nieżelaznych, AGH. Na tą chwilę mój dorobek naukowy obejmował współautorstwo w 36 publikacjach wydanych w czasopismach naukowych i branżowych oraz w wydawnictwach konferencyjnych zarówno krajowych jak i zagranicznych. Na szczególną uwagę zasługuje również mój udział w roli wykonawcy w dziesięciu projektach badawczych i celowych. Równoległym efektem mojej działalności naukowej przed uzyskanie stopnia doktora, było współautorstwo w siedmiu zgłoszeniach patentowych obowiązujących w Polsce oraz ośmiu wzorach przemysłowych OHIM obowiązujących w UE.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora do dnia dzisiejszego (czerwiec 2018) kontynuowałem **pracę naukowo-badawczą**, której efekty ściśle związane są z moim dorobkiem naukowym, którego szczegółowe zestawienie zamieszczone zostało w załączniku nr 3 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego. Poniżej zamieszczone zostało również syntetyczne ujęcie obejmujące najbardziej istotne moim zdaniem osiągnięcia naukowo-badawcze oraz dydaktyczne i organizacyjne wchodzące w skład tego zestawienia.

Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego w okresie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (listopad 2013 - czerwiec 2018):

- monografia – 1,
- publikacje w czasopismach naukowych krajowych i międzynarodowych – 44,

- wygłoszone referaty na konferencjach krajowych i międzynarodowych – 9,
- współautorstwo w referatach wygłaszanych na konferencjach krajowych i międzynarodowych – 28,
- zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne – 11,
- uzyskane patenty krajowe i międzynarodowe (współautorstwo) – 14,
- uzyskane krajowe i międzynarodowe wzory użytkowe (współautorstwo) – 15,
- krajowe zgłoszenia patentowe wynalazków i wzorów użytkowych (współautorstwo) – 10,
- kierownik projektów badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych – 4,
- udział w projektach krajowych i międzynarodowych (główny wykonawca i wykonawca) – 13,
- kierownik prac zleconych i ekspertyz – 5,
- wykonawca prac zleconych (główny wykonawca) – 7,
- udział w zespołach eksperckich – 3,
- promotor pomocniczy prac doktorskich – 2,
- opieka naukowa nad studentami (promotor prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich) – 30,
- otrzymane krajowe i międzynarodowe nagrody i wyróżnienia – 4.

Jak uprzednio wspomniano głównym obszarem moich zainteresowań były, od początku mojej pracy naukowej i są w dalszym ciągu, badania dotyczące projektowania oraz wytwarzania nowych rodzajów materiałów dedykowanych do celów elektroenergetycznych oraz projektowanie różnego rodzaju rozwiązań konstrukcyjnych elementów związanych z powyższą tematyką. W całym okresie mojej pracy badania te realizowane były tak, aby umożliwić ich późniejszą aplikację i skomercjalizowanie uzyskanych wyników w zakładach produkcyjnych w Polsce oraz dla wybranych przykładów również poza granicami naszego kraju. Bezpośrednim efektem tych prac były opracowana, zrealizowana i obroniona moja praca magisterska oraz doktorska. W chwili obecnej jest nią również monografia habilitacyjna mojego autorstwa wydana w 2018 roku, która wg mojej oceny spełnia wszystkie kryteria dotyczące głównego osiągnięcia naukowego w postępowaniu o nadanie tytułu doktora habilitowanego.

Jednym z ważniejszych dla mnie zagadnień naukowo-badawczych w jakich brałem udział w okresie po uzyskaniu przeze mnie tytułu naukowego doktora, były prace dotyczące zaprojektowania nowego rodzaju materiału, jego technologii przetwarzania oraz nowej geometrii elementów nośno-przewodzących tramwajowej i kolejowej górnej sieci trakcyjnej. Badania te realizowane były w latach 2014-2017 w konsorcjum AGH i KUCA Sp. z o.o. w ramach projektu typu Innotech III, którym miałem zaszczyt kierować z ramienia AGH. W ramach tych badań w pierwszej kolejności szczegółowo przeanalizowane zostały dotychczasowe rozwiązania konstrukcyjne stosowane w tramwajowych sieciach trakcyjnych, a następnie na podstawie uzyskanych wyników badań opracowane zostały wytyczne do projektowania nowej generacji osprzętu. W dalszej kolejności przeprowadzono badania nad doбором optymalnego rodzaju materiału oraz optymalnej geometrii poszczególnych elementów osprzętu i na ich podstawie opracowana została przemysłowa koncepcja technologii ich wytwarzania. Wytworzone w linii ciągłego odlewania, kucia matrycowego oraz wykańczającej obróbki cieplnej elementy górnej sieci trakcyjnej z nowego rodzaju stopu tj. CuZn37Ni1Si0,5 poddane zostały badaniom ich własności w warunkach laboratoryjnych oraz poligonowych na rzeczywistym odcinku trakcji tramwajowej. Na podstawie pozytywnie zweryfikowanej poprawności konstrukcyjnej oraz własności użytkowych elementów osprzętu (wszystkie opracowane w ramach projektu elementy osprzętu od momentu montażu ich na odcinku trakcji w Poznaniu znajdują się ciągle w użyciu w warunkach

normalnej eksploatacji pasażerskiego ruchu tramwajowego) opracowana została końcowa technologia ich produkcji co pozwoliło w dalszej kolejności na opatentowanie i skomercjalizowanie rezultatów prowadzonych badań, które wprowadzone zostały do stałej oferty przemysłowego członka konsorcjum i są obecnie oferowane jako rozwiązania dedykowane do trakcji tramwajowej z jednoczesną możliwością ich wykorzystania, jako zamienników rozwiązań obecnie stosowanych, do trakcji kolejowej.

Innym przykładem realizowanych pod moim kierownictwem prac badawczo-rozwojowych prowadzonych w obrębie tematyki kolejowej górnej sieci trakcyjnej były badania pozwalające na opracowanie kompleksowego systemu pomiarowego zużycia oraz wysokości zawieszenia przewodu jezdnego i jego odsuwu czyli tzw. zygzakowania. Prace te realizowane były w okresie 2015-2018, w konsorcjum składającym się z AGH oraz firmy KUCA Sp. z o.o. w ramach projektu PBS3. W ramach tych badań opracowane zostały szczegółowe wymagania i wytyczne dotyczące zaprojektowania nowego rodzaju urządzenia pomiarowego pozwalające na opracowanie jego finalnej wersji składającej się z specjalnie przystosowanej ramy pantografu nożycowego, listwy pomiarowej montowanej na pantografie w miejsce nakładek stykowych oraz oprzyrządowania pomocniczego tj. zasilania i systemu bezprzewodowej transmisji danych do urządzenia rejestrującego. Sama listwa pomiarowa, jako najważniejszy element omawianego systemu, wykonana została z poliacetalu i uwzględniała wykorzystanie czujników zbliżeniowych proporcjonalnych zarówno do rejestracji zużycia przewodu jezdnego jak i jego odsuwu. Pomiar wysokości realizowany jest w urządzeniu poprzez enkoder obrotu małokątowego zamocowany do podstawy pantografu pomiarowego na wale głównym odbieraka prądu. Całość zarejestrowanych ww. czujnikami danych jest następnie przetwarzana przez multiplexer skąd trafiają one do procesora analizującego i następnie przesyłane są bezprzewodowo do komputera rejestrującego razem z pozycją GPS względem której odbył się dany pomiar. Po zakończeniu realizacji projektu (czerwiec 2018), urządzenie badawcze poddane zostanie procedurze wdrożenia do produkcji oraz sprzedaży i oferowane będzie przez firmę KUCA jako jedyny tego typu system pomiarowy umożliwiający określenie poprawności parametrów konstrukcyjnych sieci trakcyjnej.

Jak już wspomniano głównym obszarem moich zainteresowań w trakcie ostatnich lat mojej kariery naukowej i zawodowej były badania nad nowymi rodzajami materiałów oraz procesami ich produkcji jak i nad nowymi rodzajami rozwiązań konstrukcyjnych dedykowanych do trakcji kolejowej i tramwajowej. Nie oznacza to jednak, że jedynie tego typu prace B+R były przeze mnie realizowane w trakcie mojej pracy na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH. W trakcie ostatnich lat miałem również przyjemność, na zlecenie kierownika projektu ze strony AGH tj. Pana Profesora Tadeusza Knycha, być odpowiedzialnym za prowadzenie prac i realizację badań dotyczących opracowania nowego rodzaju materiału o nazwie „UltraWire” będącego nanokompozytem nanorurek węglowych i miedzi, o możliwie ponadstandardowo wysokich własnościach elektrycznych, wytrzymałościowych, cieplnych lub korozyjnych oraz opracowania pilotażowej przemysłowej technologii produkcji drutu przeznaczonego na cele elektryczne, wykonanego z opracowanego kompozytu Cu-CNTs. Praca ta realizowana była w latach 2013-2016 w ramach projektu FP7 w konsorcjum składającym się z 14 jednostek naukowych i przemysłowych, wśród których znajdowali się najwięksi europejscy producenci wyrobów i półwyrobów miedzianych tj. firmy takie jak Aurubis, Wieland, KME czy Nexans oraz University of Cambridge pełniący funkcję lidera projektu i jednocześnie dostawcy nanorurek węglowych. W ramach całego konsorcjum Wydział Metali Nieżelaznych, AGH, jako jednostka naukowa specjalizująca się w przetwórstwie miedzi i jej stopów odpowiedzialny był za opracowanie metody łączenia nanorurek węglowych z miedzią za pomocą

metody odlewania ciągłego oraz przy pomocy tzw. metalurgii proszków. Całość prac zrealizowanych w ramach europejskiego przedsięwzięcia pozwoliła na opracowanie kompozytów Cu-CNTs o równomiernie rozmieszczonej zawartości nanorurek węglowych do 2% wag, które cechowały się podwyższoną o około 8% przewodnością elektryczną w temperaturze 400°C, około 15% niższym stopniem relaksacji naprężeń wewnętrznych i jednocześnie o około 20% wyższym modułem Younga względem czystej miedzi.

W chwili obecnej moja działalność naukowa w dalszym ciągu ukierunkowana jest na praktyczne zastosowanie prowadzonych przeze mnie badań naukowych czego ostatecznym potwierdzeniem jest z pewnością fakt, iż w roku 2018 rozpocząłem w roli kierownika projektu (ze strony AGH) realizację dwóch projektów współfinansowanych ze środków NCBiR, dotyczących zaprojektowania i uruchomienia recyklingowej technologii wytwarzania elementów złącznych na bazie stopów miedzi dla sieci trakcyjnych (projekt: POIR 3.1.2 Innowacyjny Recykling) oraz opracowania i wdrożenia do produkcji specjalistycznego systemu połączeń REKIN-AL dedykowanego do aluminiowych przewodów emaliowanych (projekt: POIR 4.1.4 Projekty Aplikacyjne).

Niezależnie od pełnienia funkcji kierownika merytorycznego przy realizacji i prowadzeniu różnego rodzaju prac naukowych i badawczo-rozwojowych brałem również udział w charakterze głównego wykonawcy oraz wykonawcy w realizacji 13 projektów dotyczących zagadnień z tematyki szeroko rozumianej metalurgii oraz inżynierii materiałowej metali nieżelaznych. Dodatkowo w omawianym okresie pełniłem również funkcję kierownika i głównego wykonawcy przy realizacji 13 prac zleconych przez przemysł, z których najważniejsza z mojego punktu widzenia dotyczyła opracowania bazy danych wysokowytrzymałych i wysokoprzewodzących stopów miedzi, która wykonana została w kilku etapach, w latach 2012-2016, na zlecenie European Copper Institute. W ramach przygotowania do stworzenia bazy danych przeanalizowanych zostało ponad 1000 publikacji z całego świata, dotyczących wytypowanych stopów miedzi dzięki czemu możliwe było określenie rzeczywistego zakresu ich własności podstawowych, mechanicznych, eksploatacyjnych, technologicznych oraz składu chemicznego i ich potencjalnych aplikacji w różnych branżach przemysłu metali nieżelaznych. Całość zebranych i opracowanych w ten sposób danych posłużyła następnie do zaprojektowania i wykonania internetowego narzędzia umożliwiającego ich zaawansowane przeszukiwanie, które docelowo służyć miało jako pomoc dla technologów pracujących w zakładach produkcyjnych i poszukujących nowych rozwiązań materiałowych o ściśle określonym zespole własności oraz jako pomoc dydaktyczna dla studentów i wykładowców poszukujących danych materiałowych do realizacji swoich prac badawczych. Opracowana baza dostępna jest bezpłatnie pod adresem: <http://conductivity-app.org/> i do dzisiaj skorzystało z jej zasobów prawie 300 tysięcy użytkowników z całego świata.

W ramach mojej działalności naukowej byłem w przeszłości i jestem obecnie członkiem w sumie 13 konsorcjów zrzeszających takie jednostki jak: University of Cambridge (Wielka Brytania), Aalto University (Finlandia), Institute Of Occupational Medicine (Wielka Brytania), Outotec Oy (Finlandia), National Grid Electricity Transmission Plc (Wielka Brytania), Aurubis (Belgia), Nexans S.A.S (Francja), KME GmbH & Co KG (Niemcy), Peugeot Citroen Automobiles S.A. (Francja), Wieland Werke AG (Niemcy), Invro Ltd (Wielka Brytania), Thinkstep (Niemcy), Instytut Metali Nieżelaznych (Polska), KUCA Sp. z o.o. (Polska), ERKO sp. z o.o. sp. k. (Polska), Carbo-Graf Sp. z o.o. (Polska), BOLMET S. A. (Polska), Energetyka Solarna Ensol Sp. z o.o. (Polska), Adamet Witold Gajdek, Adam Pęczar Sp. J.

(Polska), Tele-Fonika Kable S.A. (Polska), Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych (Polska), Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. (Polska), MABO Sp. z o.o. (Polska), Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN (Polska). W ramach tych konsorcjów zawiązana została szeroko rozumiana współpraca, wykraczająca poza realizację jedynie konkretnych projektów badawczych, która w wielu przypadkach doprowadziła do powstania nowych przedsięwzięć pozwalających w chwili obecnej oraz w przyszłości na realizację kolejnych badań podstawowych oraz przemysłowych. Mój udział w ww. konsorcjach wiązał się jednoznacznie z udziałem w 8 różnych programach badawczych przedstawionych i krótko scharakteryzowanych poniżej:

- 7th framework programme – siódmy program ramowy Unii Europejskiej w zakresie badań i rozwoju technologicznego - finansowany ze środków UE,
- Program Badań Stosowanych – horyzontalny program wsparcia sektora nauki i sektora przedsiębiorstw w zakresie badań stosowanych z różnych dziedzin nauki oraz branż przemysłu,
- INNOTECH – horyzontalny program wsparcia sektora nauki i sektora przedsiębiorstw w zakresie realizacji innowacyjnych przedsięwzięć z różnych dziedzin nauki i branż przemysłu,
- Demonstrator+ – program wsparcia badań naukowych i prac rozwojowych w skali demonstracyjnej,
- Techmatstrateg – strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych „Nowoczesne technologie materiałowe”,
- Innowacyjny Recykling – programu sektorowy którego celem jest wzrost innowacyjności krajowego sektora recyklingu surowców mineralnych i drewna w perspektywie roku 2026,
- Projekty Aplikacyjne – przedsięwzięcie POIR polegające na prowadzeniu prac B+R (badania przemysłowe i/lub prace rozwojowe, które mogą być uzupełnione o prace przedwdrożeniowe),
- Szybka Ścieżka – badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa.

Uzyskane przeze mnie wyniki badań, które ściśle związane są z moją pracą naukową oraz realizowanymi projektami badawczymi o których pisałem powyżej, pozwoliły mi na przestrzeni ostatnich 5 lat na otrzymanie (jako współautora) 12 patentów krajowych i 2 międzynarodowe, 15 krajowych i międzynarodowych wzorów użytkowych oraz opracowanie i przesłanie do urzędu patentowego dodatkowych 9 zgłoszeń na wynalazki i wzory użytkowe (współautorstwo). Warto tutaj zaznaczyć, iż w zdecydowanej większości przypadków opatentowane rozwiązania znalazły praktyczne zastosowanie w danych branżach przemysłu metali nieżelaznych, będąc na stałe wdrożone do oferty sprzedaży danych przedsiębiorstw realizujących wspólnie z AGH prace badawczo-rozwojowe. Dodatkowo realizacja wszystkich wyżej wspomnianych prac pozwoliła na opracowanie przeze mnie jako współautora sumarycznie 44 publikacji opublikowanych w czasopiśmie naukowych zarówno krajowych jak i międzynarodowych oraz wygłoszenie 9 referatów na krajowych i międzynarodowych konferencjach i seminariach naukowych.

Moja działalność naukowa jest również związana z recenzowaniem efektów realizacji projektów współfinansowanych ze środków NCBiR. Pracę tę wykonywałem i w dalszym ciągu wykonuję na zlecenie firmy Idipsum Sp. z o.o., co pozwoliło mi w latach 2015-2017 na recenzowanie w sumie 11 projektów typu Demonstrator+, Innotech oraz Szybka Ścieżka. Niezależnie jestem również dyplomowanym ekspertem naukowo-technologicznym oraz gospodarczo-biznesowym z ramienia



samego NCBiR, powołanym do oceny projektów zarówno na etapie ich wnioskowania jak i efektów ich późniejszej realizacji.

Oprócz mojej działalności naukowo-badawczej realizowanej po uzyskaniu stopnia doktora, byłem i jestem również zaangażowany w **działalność dydaktyczną** na Wydziale Metali Nieżelaznych, która rozpoczęła się oficjalnie z dniem przyjęcia mnie na stanowisko asystenta tj. 24 października 2013 roku. Działalność ta związana jest przede wszystkim z prowadzeniem zajęć dydaktycznych na kierunkach takich jak metalurgia oraz zarządzanie i inżynieria produkcji oraz specjalnościach przeróbka plastyczna, metalurgia i recykling metali nieżelaznych, inżynieria produkcji i zastosowanie metali nieżelaznych oraz materiały i technologie w systemach elektroenergetycznych. W ramach tych kierunków i specjalności prowadziłem zajęcia o tematyce związanej z ogólnie rozumianym projektowaniem inżynierskim przy wykorzystaniu nowoczesnych metod numerycznych na przedmiotach takich jak CAD/CAM, projektowanie inżynierskie, metoda elementów skończonych oraz projektowanie procesów przeróbki plastycznej. Prowadziłem również zajęcia tematycznie związane z podstawami wytwarzania i przetwórstwa metali nieżelaznych tj. przedmioty: continuous casting (przedmiot w języku angielskim), metal forming processes (przedmiot w języku angielskim) oraz przeróbka plastyczna metali. Dodatkowo miałem również okazję prowadzić zajęcia dotyczące technologicznych aspektów związanych z zastosowaniem różnych rodzajów procesów przeróbki metalu w przemyśle tj. przedmioty: technologie i techniki produkcyjne w kablownictwie, urządzenia i narzędzia w kablownictwie oraz technologie wytwarzania kompozytów metalowych. Spośród wszystkich wyżej wymienionych przedmiotów większość stanowiły zajęcia laboratoryjne, projektowe oraz seminaryjne natomiast w przypadku przedmiotów CAD/CAM, projektowanie inżynierskie, metoda elementów skończonych oraz continuous casting byłem i jestem również odpowiedzialny za przygotowanie i prowadzenie wykładów.

Ważnym dla mnie osiągnięciem dydaktycznym jest również prowadzenie i opieka na pracami dyplomowymi związanymi zarówno ze studiami I jak i II stopnia. W okresie po uzyskaniu stopnia doktora do dnia dzisiejszego byłem promotorem w sumie 30 prac dyplomowych z czego 12 to prace inżynierskie a 18 to prace magisterskie. Dodatkowo na dzień dzisiejszy przygotowuję studentów nad którymi sprawuję opiekę naukową do obrony 2 prac magisterskich oraz 2 prac inżynierskich, co nastąpić powinno do końca roku 2018. Niezależnie sprawuję również aktywnie funkcje promotora pomocniczego przy dwóch pracach doktorskich realizowanych na Wydziale Metali Nieżelaznych w tematyce projektowania i badań nad kształtowaniem własności wieloskładnikowych mosiądzów Cu-Zn-Ni-Si przeznaczonych na cele elektroenergetyczne oraz badań wpływu parametrów procesu ciągłego odlewania na segregację składników w stopach AlMgSi.

Niezwykle istotny jest również w mojej ocenie fakt, iż moja działalność dydaktyczna wykracza poza czynności związane wyłącznie z prowadzeniem zajęć i dyplomowaniem czego bezpośrednim efektem jest reaktywowanie z mojej inicjatywy w 2016 roku (po sześciu latach przerwy) studenckiego koła naukowego przeróbki plastycznej pod nową nazwą SKN „Wire”, którego jestem obecnie opiekunem oraz utworzenie w tym samym roku drugiego w skali uczelni doktoranckiego koła naukowego DKN „Deform”. Działalność obu wyżej wymienionych kół naukowych jest ściśle ze sobą związana i porusza się w tematyce przetwórstwa metali nieżelaznych, łącząc tym samym studentów i doktorantów z pracownikami naukowymi Wydziału Metali Nieżelaznych. Na dzień dzisiejszy oba koła zrzeszają 17 studentów III, IV i V roku oraz 8 doktorantów, którzy reprezentują wszystkie kierunki nauczania:

Inżynieria Materiałowa, Metalurgia oraz Zarządzanie i Inżynieria Produkcji realizowane na Wydziale Metali Nieżelaznych. Co warto podkreślić to fakt iż, od samego początku istnienia oba koła aktywnie uczestniczą w konkursach oraz inicjatywach studenckich, czego rezultatem w roku 2017 było otrzymanie i zrealizowanie dwóch autorskich projektów w ramach konkursu „Grant Rektorski”. Efektem realizacji pierwszego z nich pt. „Projekt, budowa oraz montaż modelu kolejowej górnej sieci trakcyjnej z elementami uwzględniającymi autorskie rozwiązania konstrukcyjne pracowników Wydziału Metali Nieżelaznych” jest nowoczesna ekspozycja, którą można zobaczyć na I piętrze w korytarzu głównym pawilonu A2. Ekspozycja ta stanowi cenne narzędzie dydaktyczne w procesie kształcenia studentów poprzez wskazanie metod praktycznego zastosowania metali nieżelaznych i ich stopów, prezentację łączenia różnych technologii kształtowania własności i wytwarzania wyrobów oraz ich praktycznego zastosowania, a także przybliżenie budowy i zasady działania górnej kolejowej sieci trakcyjnej. Drugi zrealizowany przed studentów i doktorantów w ramach „Grantu Rektorskiego” projekt dotyczył budowy stanowiska do badań w warunkach nagrzewania prądowego w atmosferze ochronnej wyrobów z metali i ich stopów stanowiących elementy nośno-przewodzące systemów elektroenergetyki przesyłowej i kolejowej. Opracowane i wykonane w ramach projektu stanowisko umożliwia testowanie różnego rodzaju elementów nośno-przewodzących wchodzących w skład systemów elektroenergetycznych w warunkach przepływu prądu elektrycznego o różnym natężeniu w czasie, wywołującego efekt termiczny w badanych materiałach. Jest to pierwsze tego typu stanowisko badawcze na Wydziale Metali Nieżelaznych, które wykorzystywane będzie do prowadzenia zajęć dydaktycznych oraz do realizacji prac dyplomowych i badań zleconych przez przemysł.

Ostatnim rodzajem mojej aktywności w trakcie pracy na stanowisku asystenta oraz adiunkta (od 24 listopada 2017 roku) jest **działalność organizacyjna** prowadzona nieprzerwanie na Wydziale Metali Nieżelaznych. Do działalności tej zaliczyć należy udział w dwóch komitetach organizacyjnych tj. po pierwsze w seminarium naukowo-technicznego konsorcjum NOEL pt. „Nowoczesne Materiały i Technologie dla Elektroenergetyki” które odbyło się 26 września 2014 roku w Krakowie i w ramach którego byłem odpowiedzialny za współorganizację sesji tematycznej, wygłoszenie referatu plenarnego oraz organizację i opiekę podczas zwiedzania laboratoriów WMN przez uczestników spotkania. Uczestniczyłem również w organizacji i przygotowaniu materiałów do sesji tematycznej i wygłosiłem referat plenarny na międzynarodowym seminarium pt. „Ultra Conductive Copper-Carbon Nanotube Wire - UltraWire Open Day”, które odbyło się 22 września 2016 roku w miejscowości Cambridge w Wielkiej Brytanii.

Moja działalność organizacyjna na WMN AGH jest również związana z przygotowaniem i aktualizacją programu zajęć dydaktycznych w bazie Syllabus AGH, gdzie odpowiedzialny jestem za program zajęć na kierunku Metalurgia zarówno I-go jak i II-go stopnia. Dodatkowo w roku 2017 powołany zostałem przez Dziekana WMN, AGH do Wydziałowego Zespołu Audytu Dydaktycznego, gdzie pełnię funkcję członka zespołu odpowiedzialnego za ocenę jakości zaplecza dydaktycznego katedry Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa Metali Nieżelaznych. W tym samym roku Dziekan WMN powołał mnie również jako członka do Komisji Egzaminu Dyplomowego Inżynierskiego na kierunku Metalurgia.

Na zakończenie chciałem również wskazać, iż od roku 2013 do chwili obecnej jestem członkiem polskiego oddziału międzynarodowej organizacji Wire Association International będącej największą

organizacją ciągarską na świecie oraz ekspertem merytorycznym European Copper Institute (od roku 2015) w platformie 4C (Copper & Conductivity platform) czynnie uczestniczącym w pracach zmierzających do opracowania i promocji miedzi w roli przewodnika energii elektrycznej. Ponadto pełniłem również funkcję wykładowcy dla European Copper Institute poprzez platformę Leonardo ENERGY, gdzie miałem przyjemność przygotować, wygłosić i opublikować referat pt. „Copper and copper alloys in railway systems”.



Podpis wnioskodawcy