

Kraków, 11 maja 2016 r.

Dr inż. Paweł Kwaśniewski
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Metali Nieżelaznych
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

AUTOREFERAT

o działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej

1. Imię i Nazwisko

Paweł Kwaśniewski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania, tytuł rozprawy doktorskiej i nazwiska osób, które pełniły funkcję promotora i recenzentów

Doktor nauk technicznych,

kierunek: Metalurgia,
specjalność: Przeróbka Plastyczna,
tytuł pracy: "Badania relaksacji naprężeń w materiałach metalicznych o zróżnicowanych cechach reologicznych",
data obrony: 24.02.2009
miejsce obrony: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,
Wydział Metali Nieżelaznych,
Promotor: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Knych
Recenzenci: Prof. dr hab. Zbigniew Kowalewski,
Prof. dr hab. inż. Kazimierz Świątkowski

Magister inżynier,

kierunek: Metalurgia,
specjalność: Przeróbka Plastyczna,
tytuł pracy: "Badania porównawcze odporności cieplnej przewodów jezdnych wykonanych z miedzi elektrolitycznej w gat.ETP i z miedzi srebrowej w gat.CuAg0,1"
data obrony: 06.07.2004
Promotor: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Knych

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Adiunkt

Wydział Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Katedra Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa Metali Nieżelaznych, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
01.03.2011 - obecnie

Asystent

Wydział Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Katedra Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa Metali Nieżelaznych, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
01.07.2007 – 28.02.2011

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego, uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa, zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Monografia pt.

***Nośno-przewodzący osprzęt górnej kolejowej sieci trakcyjnej
MATERIAŁY - KONSTRUKCJE - TECHNOLOGIE WYTWARZANIA***

b) Wykaz prac naukowych (Autor, rok wydania, nazwa wydawnictwa), dokumentujących osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

Monografia habilitacyjna, Paweł Kwaśniewski, Kraków 2016,
Wydawnictwo Wzorek

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

Główny nurt ***zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego i technologicznego*** przedstawionego w postaci monografii habilitacyjnej, skupia się na problematyce opracowania kompleksowej przemysłowej technologii wytwarzania nośno-przewodzącego osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej o wysokiej obciążalności mechaniczno-prądowej, dedykowanego do budowy traktów kolejowych o prędkościach przejazdowych 160 km/godz. i wyżej.

Jednym z ważniejszych ogniw górnej sieci trakcyjnej odpowiedzialnych zarówno za utrzymywanie przewodów jezdnych poziomo nad osią toru, jak i pośredniczących w przekazywaniu energii do elektrowozu jest osprzęt nośno-przewodzący. Są to różnego rodzaju uchwyty, zaciski i złączki służące do łączenia przewodów z olinowaniem i mocowania ich przez system podwieszon do konstrukcji wsporczych. Stosowany w Polsce w zasadzie od początku elektryfikacji kolei, tradycyjny osprzęt wytwarzany jest ze stopów BA1032 lub BK331 metodami odlewniczymi. Posiada on własności wystarczające do eksploatacji w konwencjonalnych sieciach trakcyjnych i niewystarczające, aby mógł być stosowany w sieciach trakcyjnych dla prędkości jazdy powyżej 160 km/godz. Wobec rosnących wymagań pod kątem zwiększania prędkości jazdy pociągów i wzrostu zapotrzebowania jednostek trakcyjnych na energię elektryczną, opracowane zostały nowe typy sieci trakcyjnych o wysokiej obciążalności mechanicznej i prądowej mogące zasilać elektrowozy o mocy powyżej 6 MW. W związku z powyższym zaistniała potrzeba opracowania wysokiej jakości nowego nośno-przewodzącego osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej, który mógłby być stosowany w zaprojektowanych nowych typach sieci, jak również jako zamiennik starego osprzętu w sieciach tradycyjnych. Zadanie to nie było proste bowiem wiązało się z koniecznością podjęcia prac w kilku obszarach techniki związanych z mechaniką pracy układów połączeń kolejowej górnej sieci trakcyjnej, metalurgią i inżynierią materiałową metali, pracami projektowymi i modelowaniem MES, a także technologiami produkcyjnymi i badaniami wyrobów. Przedsięwzięcie to wymagało m.in.:

- określenia warunków pracy i charakteryzacji osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej,
- opracowania wymagań stawianych projektowanemu osprzętowi,
- doboru nowego materiału, a następnie badań jego własności użytkowych i technologicznych,
- opracowania nowych kształtów i badań ich poprawności konstrukcyjnej z punktu widzenia przenoszonych obciążeń eksploatacyjnych,
- opracowania technologii wytwarzania zaprojektowanego osprzętu,
- badań nad technologią wytwarzania osprzętu,
- badań własności użytkowych wytworzonych elementów w warunkach laboratoryjnych i poligonowych w sieci trakcyjnej,
- badań nad optymalizacją technologii produkcji zaprojektowanych rozwiązań,
- wdrożenia opracowanej technologii w warunkach przemysłowych.

W celu opracowania nowoczesnego, wysokiej jakości osprzętu trakcyjnego o ściśle określonych własnościach użytkowych, autor przedsięwzięcia zapoznał się szczegółowo z rodzajami występujących, stosowanych w Polsce i na świecie odmian sieci trakcyjnych i ich specyfiką w obrębie systemów zasilania opartych na napięciu stałym i przemiennym. Ponadto rozwiązanie zagadnienia wymagało zarówno szczegółowej analizy światowych rozwiązań geometrycznych i materiałowych osprzętu pracującego w górnej kolejowej sieci trakcyjnej, jak i analizy warunków pracy układów połączeń „osprzęt-elementy przewodzące”. Omówione analizy były niezbędne, aby w sposób świadomy i celowy projektować nowe rozwiązania dedykowane do określonego charakteru działania nowych uchwytów, zacisków i złączek. Produkowany nośno-przewodzący osprzęt bazuje na stopach miedzi i geometrii dedykowanej do określonych typów sieci, zazwyczaj opartych na zasilaniu napięciem przemiennym 15-25 kV. Ze względu na stosowany w Polsce system zasilania trakcji elektrycznej 3kV napięcia stałego (3kV DC), osprzęt ten musi odznaczać się szczególnie wysokimi własnościami elektrycznymi i mechanicznymi (dok. normatywny PKP PLK S.A. 01-1/ET/2008 – Osprzęt sieci trakcyjnej - Iet-110). Dodatkowo plany zwiększania prędkości jazdy do 200km/godz. (i więcej w przyszłości), przy stosowaniu taboru o coraz to wyższych mocach powoduje, że wymagania pod kątem własności osprzętu stają się coraz bardziej wygórowane. Analiza i badania własne rozwiązań dotychczas stosowanych w Polsce, wytwarzanych ze stopów odlewniczych BA1032 oraz BK331 wykazały, że osprzęt ten posiada bardzo niską konduktywność kształtującą się na poziomie 3,5-4,2 MS/m oraz niskie własności mechaniczne, w szczególności dotyczące umownej granicy plastyczności: 180-200 MPa. Ponadto technologia produkcji oparta na procesie odlewania grawitacyjnego, prowadzona często w niedbały czy nieprawidłowy sposób powoduje, że osprzęt ten w wielu przypadkach posiada wady, które całkowicie dyskwalifikują go z możliwości użycia nawet w niezbyt wymagających standardowych sieciach trakcyjnych. Rozwiązania tradycyjne stosowanego w zasadzie od początku elektryfikacji polskiej kolei, tj. od roku 1936, zostały w ówczesnych czasach w prosty sposób zaimplementowane z koncepcji zagranicznych, co wynikało z potrzeby szybkiej rozbudowy traktów kolejowych. W zasadzie w tym okresie, aż do czasów współczesnych osprzęt ten nie doczekał się gruntownego przeprojektowania (normy branżowe osprzętu pochodzą z lat 60. ubiegłego wieku, a opracowane zostały na bazie norm zakładowych pochodzących z lat 40.). Aktualne rozwiązania zagraniczne w zasadniczej większości projektowane do sieci na prąd przemienny często implementowane są wprost do systemu na prąd stały, co powoduje, że posiadają cechy nie optymalne w tym względzie. To właśnie z tych powodów, a także postępu w obszarze szybkości i komfortu jazdy wynikała potrzeba opracowania nowego wysokiej jakości osprzętu, o cechach dostosowanych do współczesnych wymagań sieci zasilanych w systemie napięcia stałego 3 kV. Przeprowadzone badania wstępne, analizy oraz prace studyjne doprowadziły do opracowania wymagań koniecznych do spełnienia dla nowoprojektowanych rozwiązań. Określono szczegółowe wartości parametrów użytkowych dla poszczególnych odmian osprzętu, związane z rezystancją przejścia

układów połączeń i siłą wyslizgu elementów przewodzących, jak również sformułowano ogólne wymagania pod kątem własności mechaniczno-elektrycznych osprzętu i cech nowych rozwiązań z punktu widzenia odporności cieplnej, reologicznej i masy w stosunku do dotychczas stosowanych. To pozwoliło na podjęcie prac związanych z doбором nowego materiału na osprzęt. Rozważania literaturowe, a później badania doświadczalne ukierunkowane zostały na stopy o średniej wytrzymałości mechanicznej, tj. w zakresie wytrzymałości na rozciąganie 500-800 MPa oraz przewodności elektrycznej w zakresie 20-50 MS/m. W obrębie analizowanych materiałów znalazły się stopy z grup Cu-Zr, Cu-Cr-Zr, Cu-Ni oraz Cu-Ni-Si. Synteza ich własności użytkowych oraz technologicznych pozwoliła na wytypowanie jednej podstawowej grupy stopów, tj. Cu-Ni-Si, w obrębie której występują trzy gatunki, a mianowicie: CuNi1Si, CuNi2Si oraz CuNi3Si, różniące się głównie zawartością niklu w zakresie 1-4,5% wag. oraz krzemu 0,4-1,3% wag. Szersze rozpoznanie literaturowe oraz badania doświadczalne własności użytkowych analizowanych gatunków z punktu widzenia własności mechanicznych, elektrycznych, reologicznych, odporności cieplnej i korozyjnej umożliwiły wybór stopu na osprzęt, którym został utwardzany wydzieleniowo stop CuNi2Si. Doświadczalne określenie własności mechaniczno-elektrycznych, wytypowanego materiału, możliwych do uzyskania (wytrzymałość na rozciąganie – 620 MPa, umowna granica plastyczności – 500 MPa, wydłużenie A_{50} – 5,4%, twardość Rockwella – 86 HRB, przewodność elektryczna właściwa – 25 MS/m) pozwoliło na przejście do fazy projektowania gabarytów nowych elementów. Prace projektowe obejmowały modelowanie geometrii osprzętu oraz badania numeryczne MES poprawności konstrukcyjnej nowych rozwiązań w warunkach obciążeń symulujących rzeczywiste występujące w sieci trakcyjnej. Zrealizowano je dla określonych eksperymentalnie wartości wymuszeń siłowych wywołanych mementem dokręcającym śrub. Uzyskane geometrie optymalizowano w tym względzie, czego efektem było opracowanie końcowych kształtów osprzętu, przeznaczonych do dalszych prac związanych z technologią ich wytwarzania. Podczas projektowania geometrii rozważano kilka różnych metod wytwarzania nowych rozwiązań opartych zarówno na procesie precyzyjnego odlewania, wyciskania profili, jak i kucia matrycowego. Ostatecznie ze względu na jakość oraz niską pracochłonność zdecydowano się na proces kucia matrycowego, dlatego też końcowe geometrie osprzętu projektowane były z uwzględnieniem podstawowych wymogów procesowych zaproponowanej technologii. Ze względu na uproszczenia przyjęte podczas obliczeń MES ostateczne kształty w kolejnym kroku poddano szczegółowej analizie pod kątem procesu kucia, w szczególności pochyleń kuźniczych oraz promieni zaokrągleń krawędzi. We wszystkich opracowanych kształtach zostały uwzględnione szczegółowe wymogi procesu kucia (powiększone i uściślone promienie zaokrągleń oraz pochylenia), jak również określone tolerancje wymiarowe, szczególnie ważne w miejscach łączenia osprzętu z elementami przewodzącymi. Kolejna faza prac obejmowała opracowanie technologii kucia matrycowego ze wszystkimi kluczowymi parametrami procesowymi. Zaproponowaną technologią kucia było kształtowanie geometrii osprzętu w trzech podstawowych operacjach, tj. spłaszczania wałków, kucia wstępnie matrycującego oraz wykańczającego. Tak wytworzone odkuwki następnie poddawano okrawaniu,

dziurowaniu (opcja) i kalibrowaniu. Do tych wytycznych opracowano zestaw narzędzi w postaci matryc do kucia, okrojników i kalibrowników, które następnie zostały wykonane. Określono również podstawowe parametry procesowe do badań technologii kucia wielooperacyjnego osprzętu. Na etapie wstępnych rozważań założono, że proces uzyskiwania osprzętu podzielony zostanie na dwie główne fazy, tj. związane z kształtowaniem geometrii wyrobu oraz odrębnym procesem utwardzania wydzieleniowego. Założono również, że niezbędne będzie nagrzewanie odkuwek po procesie kucia w celu ich homogenizacji do procesu przesycań, a następnie ich starzenie sztuczne. Już na etapie syntezy opracowanych parametrów procesowych stwierdzono, że podczas procesu zasadniczego kucia matrycowego następować będzie intensywne stygnięcie stopu CuNi₂Si, w efekcie czego możliwe będzie po końcowym schłodzeniu przesycań uzyskanych odkuwek. Pozwoliłoby to na eliminację z technologii wytwarzania osprzętu kosztownego dodatkowego procesu nagrzewania odkuwek do ich przesycań po kuciu. Ze względu na fakt, że wsadem do procesu kucia były pręty uzyskiwane w technologii wyciskania i starzenia sztucznego (jedyna dostępna wówczas forma stopu CuNi₂Si na rynku europejskim) pod wątpliwość poddano, czy w efekcie nagrzewania wsadu do kucia do temperatury ok. 900°C w czasie 50-60 s nastąpi rozpuszczenie wydzieleni umacniających stop. Wymagało to badań doświadczalnych, jednakże na podstawie analizy termodynamicznej stwierdzono, że jest to możliwe i skorygowano pierwotne założenia projektowe, eliminując proces dodatkowego (po kuciu) nagrzewania do przesycań z technologii wytwarzania osprzętu. Opracowane i wykonane narzędzia oraz parametry technologiczne pozwoliły przejść do fazy badań doświadczalnych procesu kucia matrycowego z jednoczesnym przesycań. W tym celu przygotowane wcześniej materiały w postaci ucinków podlegały nagrzewaniu do temperatury 900-920°C w czasie 50-60 s, następnie były transportowane na matrycę prasy, spłaszczane, kute wstępnie matrycująco oraz kute wykańczająco. Czas przeróbki plastycznej od momentu nagrzania wsadu zawierał się w przedziale 6-8 s, a temperatura odkuwek po kuciu wykańczającym (matrycującym) zawierała się w przedziale 580-620°C. Tak uzyskane odkuwki bezpośrednio po kuciu wrzucano do chłodziwa i studzono do temperatury ok. 80°C w czasie 10-15 s. Schłodzone odkuwki poddawano operacjom wykańczającym, tj. okrawaniu i kalibrowaniu (w przypadku uchwytu wieszakowego z uchem również wykrawaniu). Analiza porównawcza odkutych geometrii osprzętu z projektem wykazała ich zgodność, w założonym zakresie tolerancji, co pozwoliło na przeprowadzenie kolejnych badań związanych z doбором parametrów starzenia sztucznego uzyskanych odkuwek. Badania te prowadzono w zakresie temperatur starzenia 450-550°C w czasie do 26 godzin. Z analizy charakterystyk starzenia sztucznego wynikało, że, optymalne zgodne ze sformułowanymi wcześniej wymaganiami dla osprzętu, własności mechaniczno-elektryczne uzyskać można przez wygrzewanie odkuwek w temperaturze 500°C w czasie 5 godzin (twardość - 90 HRB, przewodność elektryczna - 25 MS/m). Zatem wykazano, że w procesie kucia matrycowego i chłodzenia bezpośrednio po kuciu następuje wystarczające przesycań stopu CuNi₂Si, które umożliwia uzyskanie założonych własności mechaniczno-elektrycznych osprzętu w procesie starzenia

sztucznego. Przeprowadzone badania strukturalne mikroskopii świetlnej, skaningowej i elektronowej wykazały, że w strukturze osprzętu znajdują się drobne dyspersyjne wydzielenia fazy umacniającej δ -Ni₂Si koherentne z osnową, będące powodem umocnienia odkuwek. Cechują się one ponadto drobnoziarnistą strukturą z ziarnami o wielkości od kilku do kilkunastu μm z widocznymi pasmami płynięcia materiału podczas kucia. W ramach prac przeprowadzono również badania dodatkowe, wpływu temperatury kucia na własności odkuwek i ich podatność do starzenia sztucznego, jak również optymalizacji geometrii wsadu do kucia pod kątem minimalizacji wypłytki. Pozwoliło to na określenie docelowej optymalnej wartości temperatury kucia, tj. 900°C oraz zmniejszenie długości wsadu do wytwarzania poszczególnych elementów o 8-17% w stosunku do wartości początkowej. Uzyskane w doświadczalnie zweryfikowanej technologii kucia matrycowego odkuwki poddano procesom wykańczającym. Powstały w ten sposób osprzęt poddano następnie badaniom własności użytkowych w warunkach laboratoryjnych. Przeprowadzone badania własności mechaniczno-elektrycznych, sił wyslizgu elementów przewodzących, rezystancji przejścia (połączenia) i nagrzewania połączeń prądami trakcyjnymi, jak również relaksacji sił docisku wykazały, że opracowany i wykonany osprzęt cechuje się zakładanym zespołem cech użytkowych i spełnia stawiane mu wymagania. Wobec powyższego został on dopuszczony do badań poligonowych w rzeczywistej sieci trakcyjnej na linii kolejowej Warszawa - Berlin. Został on rozwieszony w sieci trakcyjnej o wysokiej obciążalności mechaniczno-prądowej. Linia ta z nowym osprzętem testowana była przez specjalistów z Instytutu Kolejnictwa z Warszawy przy udziale autora opisywanej monografii. Badania prowadzono pod kątem współpracy sieci trakcyjnej z pantografem elektrowozu, jak również poprawności funkcjonowania sieci z punktu widzenia jej elastyczności i parametrów konstrukcyjnych. Na podstawie przeprowadzonych badań osprzęt ten został dopuszczony do stosowania w sieciach trakcyjnych o wysokiej obciążalności mechaniczno-prądowej, jak również jako zamiennik dotychczasowych starych rozwiązań do sieci tradycyjnych.

Przeprowadzone prace projektowe i badania technologiczne wykazały, że opracowany osprzęt i technologia jego wytwarzania, oparta na procesie kucia matrycowego i utwardzania wydzieleniowego, umożliwia uzyskiwanie wysokiej jakości wyrobów o ściśle określonych wymaganych własnościach użytkowych. Kolejna faza prac miała na celu gruntowną optymalizację opracowanej technologii pod kątem kosztów wytwarzania, aby opracowany produkt miał popyt na rynku kolejowym. Analiza możliwości optymalizacji opracowanej technologii wykazała, że istnieją dwa główne obszary wpływające na cenę wyrobu, w których można dokonać minimalizacji kosztów, tj. obniżenie kosztów materiałowych poprzez uruchomienie własnej produkcji prętów do kucia oraz minimalizację kosztów kucia matrycowego przez ograniczenie liczby operacji technologicznych. Dostępny wsad do kucia matrycowego, występujący jedynie w postaci prętów wyciskanych i starzonych sztucznie, cechuje bardzo wysoki koszt nabycia (średnio dwa razy wyższy niż tych samych średnic z miedzi np. CuETP), co mocno podwyższa koszt wytwarzania produktu końcowego. Optymalizacja procesu wytwarzania związana z samym wsadem polegać może m.in. na zastosowaniu do

procesu produkcyjnego tanich prętów CuNi2Si uzyskiwanych w technologii odlewania ciągłego bez dodatkowej obróbki cieplnej. Analiza rynku metali na świecie wykazała, że pręty takie są niedostępne. Wobec powyższego Beneficjent prac, tj. Firma Kuca sp. z o.o. podjął decyzję o uruchomieniu produkcji takich prętów. Wymagało to przeprowadzenia badań laboratoryjnych i doświadczalnej weryfikacji możliwości uzyskiwania prętów CuNi2Si metodą odlewania ciągłego, jak również opracowania parametrów procesowych, które mogłyby stanowić wytyczne do zaprojektowania przemysłowej linii technologicznej. Zatem opracowano wszystkie niezbędne założenia procesowe, które następnie weryfikowano w ramach badań laboratoryjnych, tj. parametry procesu przygotowania wsadu do topienia, syntezy metalurgicznej, obróbki ciekłego metalu oraz odlewania ciągłego z podaniem szczegółów technologicznych związanych z prędkością odlewania (posuwem, postojem, prędkością posuwu), temperaturą ciekłego metalu i odlewu, wydatkiem medium chłodzącego w układzie chłodzenia pierwotnego i wtórnego oraz szczegółów dot. stosowanego oprzyrządowania odlewniczego (krystalizatory, tygle, lance). Ponadto w ramach prac przeprowadzono badania doboru korzystnej zawartości składników stopowych, tj. Ni oraz Si w obrębie gatunku CuNi2Si z punktu widzenia podatności do starzenia sztucznego i własności końcowych wyrobu. Badania prowadzono w obrębie zawartości Ni 2%, 1,7% oraz 1,6% wag. oraz Si 0,7%, 0,65% oraz 0,55% wag. (wg normy CuNi2Si powinien posiadać zawartość Ni 1,6-2,5% wag. oraz Si 0,4-0,8% wag.). Przeprowadzone badania wykazały, że optymalnym, spośród badanych, składem chemicznym jest zawartość 1,7% wag. Ni przy zawartości 0,65% wag. Si. Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano wytyczne procesowe do warunków produkcyjnych, które stanowiły podstawę do budowy przemysłowej linii odlewniczej, która została wytworzona. Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych zostały przetransferowane do warunków przemysłowych i doprecyzowane do specyfikacji wytworzonej linii odlewniczej. Efektem tych prac było wdrożenie technologii odlewania ciągłego prętów ze stopu CuNi2Si w warunkach produkcyjnych przeznaczonych do kucia matrycowego nowego osprzętu.

W drugim obszarze optymalizacji procesu wytwarzania osprzętu przeprowadzona analiza wykazała, że przejście na technologię kucia jednooperacyjnego, w szczególności na automacie, pozwoli na dodatkowe obniżenie ceny wyrobu gotowego. Wobec powyższego na podstawie zdobytej wcześniej wiedzy opracowano wytyczne do technologii jednooperacyjnego kucia matrycowego, opracowano i wytworzono oprzyrządowanie, a następnie wykonano badania w warunkach przemysłowych. Wsadem do procesu kucia były własne pręty uzyskane w technologii odlewania ciągłego. Przeprowadzono również badania kucia osprzętu w jednej operacji z przesycaniem odkuwek podczas kucia, a następnie - podobnie jak poprzednio - badania doboru parametrów starzenia sztucznego pod kątem optymalnych własności mechaniczno-elektrycznych osprzętu. Badania wykazały, że w procesie kucia jednooperacyjnego wsadu CuNi2Si uzyskiwanego w procesie odlewania ciągłego, a następnie starzenia sztucznego odkuwek (temperatura 500°C w czasie 4-6 godz.) możliwe jest uzyskiwanie osprzętu o założonym zespole własności użytkowych (twardość Rockwella powyżej 90 HRB, przewodność elektryczna właściwa 25 MS/m,

wytrzymałość na rozciąganie 640-660 MPa oraz umowna granica plastyczności 520-540 MPa), przy znacznie niższych kosztach produkcyjnych. Dodatkowo przeprowadzone badania strukturalne oraz rentgenograficzne wykazały, że wytworzone wyroby nie posiadają wad wewnętrznych mogących powstać podczas kształtowania ich geometrii w procesie kucia jednooperacyjnego. Opracowana i doświadczalnie zweryfikowana technologia wytwarzania nośno-przewodzącego osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej, oparta na procesie jednooperacyjnego kucia matrycowego wsadu CuNi2Si odlewanego w sposób ciągły i starzenia sztucznego odkuwek, została wdrożona w warunkach przemysłowych i jest aktualnie wykorzystywana do jego produkcji.

Osprzęt ten jest powszechnie wykorzystywany do budowy kluczowych szlaków kolejowych w Polsce. Został zastosowany przy modernizacji m.in. takich szlaków kolejowych jak: Warszawa - Poznań - Berlin (E20), Warszawa - Białystok (E75), Kraków - Przemyśl (E30), Warszawa - Gdańsk (E65), Wrocław - Katowice (E30), Szczecin - Poznań (E59) oraz Centralnej Magistrali Kolejowej Katowice (Kraków) - Warszawa (E65). **Łączna ilość opracowanego nowego osprzętu z CuNi2Si, wytwarzanego metodą kucia jednooperacyjnego wsadu odlewanego zastosowana w sieciach trakcyjnych przekroczyła już 250 tys. sztuk** (stan na koniec 2015r.). Kolejne lata przewidują wzrost zapotrzebowania na opracowany osprzęt.

Zarówno kształty jak i opracowana technologia produkcji poddana została procedurze ochrony własności intelektualnej i uzyskała ochronę w Polsce w postaci dwóch patentów i pięciu wzorów użytkowych.

Oryginalnym wkładem mojej rozprawy habilitacyjnej w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa, jest opracowanie oryginalnej kompleksowej technologii wytwarzania osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej, w zintegrowanym procesie jednooperacyjnego kucia matrycowego z przesycaniem (na matrycy prasy) oraz starzenia sztucznego odkuwek, przy wykorzystaniu wsadu CuNi2Si pochodzącego z ciągłego odlewu.

Dodatkowym wkładem w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa jest autorsko opracowana i doświadczalnie zweryfikowana technologia odlewania ciągłego prętów o małych średnicach ze stopu CuNi2Si. *Stosowanie w technologii kucia CuNi2Si drogiego wsadu wyciskanego oraz dodatkowo starzonego sztucznie nie ma uzasadnienia ekonomicznego ze względu na fakt, że podczas procesu kucia następuje nagrzewanie wałków i utrata ich własności użytkowych, które zyskały podczas starzenia sztucznego. Brak na rynku metali prętów CuNi2Si uzyskiwanych w technologii odlewania ciągłego spowodował, że autor pracy podjął się zadania opracowania technologii wytwarzania prętów CuNi2Si w procesie odlewania ciągłego, przeprowadził badania uzyskiwania takich prętów w warunkach laboratoryjnych, czego efektem było opracowanie wytycznych do odlewania w warunkach przemysłowych. Pozwoliło to na zaprojektowanie rzeczywistej linii produkcyjnej odlewu ciągłego, jej rzeczywiste wytworzenie, transfer wyników badań laboratoryjnych do przemysłowych oraz badania w skali produkcyjnej, które zakończone zostały sukcesem. Konsekwencją tego stanu rzeczy było uruchomienie*

produkcji ciągłego odlewania prętów CuNi2Si w zakresie średnic 14-25mm przeznaczonych do kucia matrycowego osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej. W ramach przedsięwzięcia dokonano również optymalizacji opracowanych parametrów procesu kucia wielooperacyjnego, czego konsekwencją było przejście na zautomatyzowany proces kucia jednooperacyjnego.

Ponadto ważnym aspektem technologicznym jest charakteryzacja własności wyrobów z CuNi2Si uzyskiwanych w różnych warunkach procesowych jak i parametry procesu utwardzania wydzieleniowego stopów CuNi2Si dla różnych stanów początkowych. Nie bez znaczenia jest także ukazanie kompleksowości ścieżki technologicznej wytwarzania nowego wyrobu związanej z doбором materiału na nowy produkt, projektowaniem i modelowaniem numerycznym, projektowaniem pierwotnej technologii wytwarzania i jej późniejszą optymalizacją procesową jak również badaniami użytkowymi wyrobu gotowego - pozwalające na wprowadzenie nowego produktu na rynek.

Praca ta została napisana na okoliczność postępowania o nadanie stopnia naukowego dra. habilitowanego i jest monografią obejmującą całe zagadnienie od początku, tj. analizy literaturowej stanu zagadnienia, projektowania geometrii, opracowania wymagań i doboru materiału na osprzęt, opracowania i badań technologii jego wytwarzania, aż do badań osprzętu w warunkach rzeczywistych w sieci trakcyjnej przy normalnym ruchu taboru kolejowego, jak również badań nad optymalizacją zaproponowanej pierwotnej technologii jego produkcji. Takie kompleksowe podejście wymagało współpracy zespołów ludzkich z różnych specjalizacji. W przekonaniu autora dla wyczerpującego rozwiązania zagadnienia, będącego przedmiotem niniejszej pracy, korzystniejsze jest pokazanie całej ścieżki technologicznej niż wyłącznie wybranych jej obszarów w obrębie własnych wyników prac projektowo-badawczych, co zmniejszałoby wartość niniejszego opracowania.

Wkładem własnym autora w realizację przedsięwzięcia jest:

- charakteryzacja górnej sieci trakcyjnej w systemach prądu stałego oraz przemiennego jak również analiza warunków pracy kolejowej sieci trakcyjnej (rozdział 2),
- charakteryzacja typów osprzętu z punktu widzenia jego przeznaczenia i pracy w sieciach trakcyjnych (rozdział 3),
- analiza technologii wytwarzania osprzętu dotychczas stosowanego, uzyskiwanego w procesie odlewania grawitacyjnego oraz badania jego własności użytkowych, jak również analiza technologii wytwarzania tego typu elementów w procesie kucia matrycowego (rozdział 4),
- współudział w opracowaniu wymagań stawianych nowego typu osprzętowi (rozdział 5) – zespół specjalistów Instytutu Kolejnictwa oraz AGH,
- analiza własności materiałów, badania doświadczalne cech użytkowych i dobór stopu na nowego typu osprzęt kolejowej sieci trakcyjnej (rozdział 6),
- projekt nowych rozwiązań geometrycznych i badania rozkładu naprężeń w osprzęcie, w warunkach wymuszeń siłowych zgodnych z rzeczywistymi (badania MES) oraz analiza jego poprawności konstrukcyjnej (rozdział 7),

- opracowanie technologii i badania procesu kucia matrycowego osprzętu, badania parametrów obróbki cieplnej i strukturalne objęte rozdziałem 8, z wyłączeniem projektu i wykonania narzędzi do kucia,
- badania doświadczalne własności użytkowych wytworzonego osprzętu (rozdział 9) z wyłączeniem podrozdziału 9.3, tj. badań rezystancji przejścia i nagrzewania, które prowadzone były w Instytucie Kolejnictwa (współdział w badaniach laboratoryjnych oraz w badaniach poligonowych - podrozdział 9.6),
- analiza optymalizacji procesowej technologii wytwarzania osprzętu metodą wielooperacyjnego kucia matrycowego wsadu wyciskanego (rozdział 10) i opracowanie nowej koncepcji wytwarzania osprzętu opartego na jednooperacyjnym kuciu matrycowym wsadu z CuNi2Si odlewane w sposób ciągły,
- opracowanie technologii wytwarzania odlewów z CuNi2Si w procesie odlewania ciągłego jako wsadu do procesu kucia, badania laboratoryjne oraz opracowanie wytycznych do technologii przemysłowej (podrozdział 11.1),
- transfer wyników badań laboratoryjnych do produkcyjnych i współdział w badaniach przemysłowej technologii odlewania ciągłego wsadu do kucia ze stopu CuNi2Si (podrozdział 11.2),
- opracowanie wytycznych i badania nad technologią jednooperacyjnego kucia matrycowego i własności odkuwek (podrozdział 11.3) z wyłączeniem projektu i wykonania narzędzi.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych wnioskodawcy, świadczących o istotnej aktywności naukowej habilitanta

Pracę naukową rozpocząłem formalnie w roku 2004, kiedy to podjąłem studia doktoranckie na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH w Katedrze Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa Metali Nieżelaznych. W roku 2007 zostałem przyjęty na etat asystenta AGH, a w roku 2011 na etat adiunkta, na którym kontynuuję swoją działalność naukową.

Mój dorobek naukowy obejmuje:

-okres przed uzyskaniem stopnia doktora (2004-2009):

- publikacje w czasopismach naukowych – 11,
- publikacje w materiałach konferencyjnych – 5,
- wygłaszane referaty na konferencjach krajowych i międzynarodowych – 11,
- udział w realizacji projektów celowych i badawczo-rozwojowych – 7,
- udział w realizacji prac dla przemysłu – 3,
- zgłoszenia patentowe, wzory użytkowe, wzory przemysłowe – 14 (współautor);

-okres po uzyskaniu stopnia doktora (2009-2016):

- monografia – 1,
- współautorstwo rozdziałów w monografiach – 2,
- publikacje w czasopiśmie naukowych krajowych i międzynarodowych – 67,
- wygłaszane referaty na konferencjach krajowych i międzynarodowych – 17,
- współautorstwo w referatach wygłaszanych na konferencjach krajowych i międzynarodowych – 31,
- zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne- 10,
- uzyskane patenty krajowe (współautorstwo) – 9,
- uzyskane wzory użytkowe krajowe (współautorstwo) – 5,
- uzyskane wzory przemysłowe na terytorium EU (współautorstwo) – 12,
- zgłoszenia patentowe i wzory użytkowe krajowe (współautorstwo) – 12,
- zgłoszenia patentowe i wzory międzynarodowe (współautorstwo) – 4,
- kierownik projektów badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych – 6,
- udział w projektach krajowych – 15,
- udział w projektach międzynarodowych – 1,
- kierownik prac zleconych i ekspertyz – 33,
- wykonawca prac zleconych – 18,
- promotor pomocniczy doktoratu – 3 (1 obroniony),
- opiekun naukowy doktoratu – 2,
- opieka naukowa nad studentami (promotor prac dyplomowych) – 16,
- nagrody i wyróżnienia – 4.

W latach 1999-2004 studiowałem na kierunku metalurgia – specjalność: przeróbka plastyczna na Wydziale Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Moja działalność naukowa rozpoczęła się już na trzecim roku studiów magisterskich, kiedy to stałem się aktywnym członkiem koła naukowego kierowanego przez Pana Profesora Tadeusza Knycha, w ramach którego prowadziłem badania własności użytkowych przewodów jezdnych ze stopów CuAg_{0,10}. Na piątym roku studiów magisterskich zostałem przyjęty na staż naukowy na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH. Moje wystąpienie pt. "Nowa generacja przewodów jezdnych z miedzi srebrzej przeznaczonych do dużych prędkości jazdy" na XLI Sesji Kół Naukowych zyskało uznanie czego efektem było przyznanie I nagrody Sekcji Technologii Metalurgicznych AGH. Dnia 6 lipca 2004 r. uzyskałem tytuł mgr inż. metalurgii broniąc pracę pt: "Badania porównawcze odporności cieplnej przewodów jezdnych wykonanych z miedzi elektrolitycznej w gat.ETP i z miedzi srebrzej w gat.CuAg_{0,1}". W październiku 2004 r. roku rozpocząłem studia doktoranckie na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH na kierunku metalurgia, gdzie w publicznej obronie dnia 24 lutego 2009 r. uzyskałem stopień doktora nauk technicznych broniąc pracę pt:" Badania relaksacji naprężeń w materiałach metalicznych o zróżnicowanych cechach reologicznych". Promotorem zarówno mojej pracy magisterskiej jak i doktorskiej był Pan Profesor dr hab. inż. Tadeusz Knych. W okresie studiów doktoranckich główna tematyka mojej

pracy naukowej koncentrowała się na badaniach i opisie fenomenologicznym procesu relaksacji naprężeń różnych materiałów metalicznych, jak również badaniach w dziedzinie inżynierii materiałowej i przeróbki plastycznej metali. Prowadziłem także badania aplikacyjne w dziedzinie szeroko rozumianej elektroenergetyki, biorąc udział w realizacji projektów celowych i prac badawczo-rozwojowych w tym obszarze techniki.

Praca doktorska dotyczyła procesu relaksacji naprężeń materiałów o jednorodnych cechach reologicznych i układach o zróżnicowanych cechach reologicznych zbudowanych z tych materiałów. Chociaż w literaturze przedmiotu znaleźć można wiele modeli mechanicznych, które umożliwiają określanie charakterystyk relaksacji naprężeń pojedynczych materiałów, to brak było modeli opisujących zachowanie układów z gradientem cech lepko-sprężystych (reologicznych). W ramach pracy przeprowadzono rozważania na temat reologicznego zachowania się układów zbudowanych z różnych materiałów i opracowano model relaksacji naprężeń układów o zróżnicowanych cechach lepko-sprężystych. Model ten poddano doświadczalnej weryfikacji w oparciu o eksperymentalne charakterystyki relaksacji materiałów zarówno o jednorodnych, jak i zróżnicowanych cechach reologicznych. Opracowane w ramach pracy doktorskiej zależności umożliwiają modelowanie i przewidywanie procesu relaksacji naprężeń układów zbudowanych z różnych materiałów.

W zasadzie od początku działalności naukowej moje pasje koncentrowały się na konstruowaniu urządzeń laboratoryjnych i przemysłowych, projektowaniu wyrobów z metali nieżelaznych oraz technologii ich wytwarzania.

Do głównych obszarów mojej działalności naukowej i badawczej należą m.in.:

1. Projektowanie i badania technologii wytwarzania wyrobów z metali nieżelaznych opartych na procesach przeróbki plastycznej, w szczególności metodą ciągnięcia, walcowania, wyciskania i kucia.
2. Projektowanie i badania technologii odlewania ciągłego metali zarówno w układzie poziomym i pionowym (w dół i do góry typu Up-Cast), jak i na obracające się walce (Twin Roll Casting).
3. Projektowanie i badania własności użytkowych wyrobów z metali nieżelaznych.
4. Projektowanie i modelowanie MES elementów konstrukcyjnych oraz badania eksperymentalne stanu odkształceń w takich elementach głównie z wykorzystaniem technik tensometrycznych.
5. Badania nad metodami wytwarzania kompozytów metalicznych metal-węgiel o podwyższonej przewodności elektrycznej na podstawie miedzi i aluminium z grafenem i nanorurkami.
6. Badania nad procesami przeróbki plastycznej kompozytów metal-grafen/nanorurki w technologii ciągnięcia, walcowania i wyciskania.
7. Badania nad nowymi materiałami, technologiami i wyrobami na podstawie metali nieżelaznych dla elektroenergetyki.

Szczególne moje zainteresowania ulokowane zostały w obszarze projektowania i opracowania technologii wytwarzania nośno-przewodzącego osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej. To właśnie na tym zagadnieniu - jak wskazano powyżej - koncentruje się kluczowy zakres mojej rozprawy habilitacyjnej.

Ponadto w ostatnim czasie uczestniczyłem w pracach zmierzających do opracowania i uruchomienia produkcji pozostałych elementów górnej sieci trakcyjnej, od lat niemodernizowanych, tj. konstrukcji wsporczych i elementów nośnych sieci trakcyjnej oraz kluczowych elementów przewodzących jak przewody jezdne, liny nośne i uelastyczniające.

Przedsięwzięcie opracowania nowej generacji konstrukcji wsporczych realizowane w formule projektu celowego miało na celu zaprojektowanie typoszeregu słupów indywidualnych i konstrukcji bramkowych o wysokiej nośności zawierających w swojej budowie specjalną strefę kontrolowanego zniszczenia. Przedsięwzięcie to było bardzo wymagające pod względem projektowym ze względu na konieczność zapewnienia nowym konstrukcjom wysokiej sztywności przy zmniejszonej masie w stosunku do konstrukcji wcześniej eksploatowanych. Dodatkowo w strefie podstawy słupów zaprojektowano specjalną strefę kontrolowanego zniszczenia, której zadaniem jest ochrona fundamentu palowego usytuowanego w gruncie przed jego uszkodzeniem. Prace te wymagały szerokich badań rzeczywistych w różnych warunkach statycznych i dynamicznych obciążeń eksploatacyjnych, co z kolei wymagało zaprojektowania i wykonania specjalistycznego polowego stanowiska badawczego do testowania słupów o wysokości do 10 m oraz bramek o wysokości 12 m i długości 40 m. Byłem jednym z projektantów tego stanowiska, odpowiedzialnym za opracowanie konstrukcji stanowiska oraz nośności przestrzennego mostu służącego do obciążania opracowanych słupów i bramek. Elementy te zostały zaprojektowane i kompleksowo przebadane oraz wdrożone do produkcji. Aktualnie są wykorzystywane do budowy nowych i modernizacji starych szlaków kolejowych w Polsce.

Kolejnym przedsięwzięciem z branży kolejowej realizowanym w ramach projektu Innotech, którym miałem zaszczyt kierować ze strony AGH, jednocześnie będąc jednym z głównych wykonawców, było opracowanie i wdrożenie do produkcji nowych elementów nośnych sieci trakcyjnej w postaci różnego typu wysięgników, ukośników, odciągów służących do mocowania sieci do konstrukcji wsporczych, jak również elementów służących do naprężenia sieci trakcyjnej. W ramach badań opracowano nowatorski w skali kraju i świata system elementów nośnych bazujący na wyciskanych profilach ze stopu aluminium w gat. EN-AW 6082 o specjalnej konstrukcji suwakowej profilu nośnego umożliwiającej precyzyjny i szybki montaż sieci przy zmniejszonej masie o ponad 50% w stosunku do dotychczasowych stosowanych rozwiązań. Ponadto opracowany system zapewnia wysoką sztywność i odporność korozyjną oraz łatwy i szybki transport. W ramach prac badawczo-projektowych opracowano również nowe bezciężarowe urządzenia służące do naprężenia przewodów jezdnych i lin nośnych wykorzystujące system spiralnych sprężyn z krzywką zapewniających wysoką stabilność i stałość siły w czasie zmian temperaturowych elementów konstrukcyjnych sieci, w pełnym zakresie wahań tj. od -30°C do $+50^{\circ}\text{C}$. Prace te zostały zakończone

sukcesem, a opracowane rozwiązania zostały wdrożone do produkcji i spotkały się z dużą aprobatą środowiska kolejowego.

Brałem udział w realizacji programu w formule kredytu technologicznego, którego celem było wdrożenie technologii wytwarzania osprzętu trakcyjnego w zintegrowanym procesie kucia wsadu odlewanego, będąc odpowiedzialnym za kierowanie pracami w zakresie wdrażania zaproponowanej technologii i jej dostosowaniem do zakupionej przez Przedsiębiorcę linii technologicznej. W dziedzinie trakcji elektrycznej aktualnie uczestniczę (jako główny wykonawca) w pracach nad opracowaniem i wdrożeniem do produkcji nowych elementów osprzętu dla trakcji tramwajowej. Badania te koncentrują się na opracowaniu nowego materiału na bazie stopów miedzi z cynkiem i mikrodotatkami pierwiastków wpływającymi korzystnie na ich wytrzymałość mechaniczną i przewodność elektryczną, jak również opracowaniu geometrii i technologii wytwarzania nowego osprzętu tramwajowego. Prace te realizowane są w ramach projektu Innotech 3 i zakończone zostaną w roku 2017.

Ponadto w ostatnim czasie (od lipca 2015r) w ramach przedsięwzięcia Innotech 3 jestem odpowiedzialny jako kierownik ze strony AGH i jako główny wykonawca za opracowanie i wdrożenie do produkcji nowej generacji nakładek stykowych do pantografów taboru kolejowego. Nakładki obecnie eksploatowane w Polsce pochodzą wyłącznie od producentów zagranicznych, a stosowane rozwiązania zapożyczono z systemów kolejowych opartych na napięciu przemiennym. W dodatku stosowane konstrukcje przysparzają wielu trudności użytkowych związanych z wykruszaniem kompozytów węglowo-metalicznych, nadpaleniami łukiem elektrycznym profili nośnych, odklejaniem i wrywaniem kompozytów itp. Dlatego też podjęto taką inicjatywę, której efektem końcowym będzie wdrożenie do produkcji nowych nakładek stykowych dedykowanych do eksploatacji z polskimi sieciami trakcyjnymi. Nowe rozwiązania oparte zostaną na kompozytach węglowo-metalicznych z dodatkami grafenu i nanorurek węglowych o wysokiej przewodności elektrycznej polepszającymi własności elektryczne i cieplne całych rozwiązań przy wysokiej udarności, i konstrukcji dedykowanej do polskich warunków eksploatacyjnych sieci trakcyjnych. Uczestniczę również w pracach badawczo-rozwojowych w ramach projektu PBS 3 nad opracowaniem mobilnego urządzenia do ciągłego monitorowania zużycia przewodów jezdnych oraz parametrów eksploatacyjnych sieci trakcyjnej.

Oprócz przedsięwzięć realizowanych dla branży kolejowej moja działalność naukowa obejmuje również badania z dziedziny elektroenergetyki napowietrznej poprzez udział w projektowaniu nowych przewodów elektroenergetycznych i materiałów przewodowych na bazie aluminium, w szczególności nowej generacji przewodów HTLS z bimetalowym rdzeniem nośno-przewodzącym (przedsięwzięcie zrealizowane w ramach projektu Innotech). Ponadto brałem udział w opracowaniu technologii i uruchomieniu produkcji walcówki z rafinowanego i modyfikowanego aluminium dla potrzeb wytwarzania nowej generacji drutów do zastosowań w elektrotechnice i elektronice oraz opracowaniu technologii i uruchomieniu produkcji nowoczesnych zagęszczanych żył roboczych kabli elektroenergetycznych, jak również opracowaniu technologii i uruchomieniu produkcji nowej generacji emaliowanych

aluminiowych przewodów nawojowych realizowanych w ramach projektów celowych. Warty podkreślenia zrealizowanym przedsięwzięciem, którego jestem współtwórcą, było opracowanie nowego typu przewodu elektroenergetycznego na osnowie aluminium z rdzeniem przewodzącym o wysokiej wytrzymałości mechanicznej i wysokiej przewodności elektrycznej opartym na stopach CuAg z zawartością srebra 4-7% wag. Opracowany przewód o oznaczeniu ACCAS (Aluminium Conductor Copper Alloy Supported) bazujący na zewnętrznych warstwach wykonanych z aluminium oraz rdzeniu nośno-przewodzącym ze stopu CuAg jest aktualnie w trakcie badań technologii jego wytwarzania w warunkach przemysłowych, realizowanych w ramach przedsięwzięcia CuBR dofinansowanego z NCBiR. Główne badania technologiczne skoncentrowane zostały na procesach odlewania ciągłego oraz wieloetapowej obróbki cieplno-plastycznej stopu CuAg przeznaczonego na rdzeń, którego planowana wytrzymałość na rozciąganie ma przekraczać 1000 MPa przy przewodności elektrycznej sięgającej 80% IACS. Określono, że nowa konstrukcja przewodu pozwoli na znaczące obniżenie strat związanych z przesyłem energii oraz umożliwi zwiększenie obciążalności linii przesyłowych, co może stanowić dobrą alternatywę dla stosowanych obecnie przewodów opartych głównie na aluminium i stopach aluminium, z rdzeniami stalowymi lub kompozytowymi (rdzenie nośne o znikomej przewodności elektrycznej – stal, lub izolatory – kompozyty szklano-epoksydowe).

W ostatnim czasie w zespole naukowców AGH, w którym mam przyjemność pracować realizowane są szerokie badania - w których biorę czynny udział - nad materiałami na osnowie metal-grafen, metal-nanorurki węglowe realizowanymi w ramach europejskiego projektu badawczego z 7 Programu Ramowego oraz polskiego Programu Badań Stosowanych dofinansowanego przez NCBiR. Badania te realizowane są w wielopodmiotowych zespołach naukowych i przemysłowych z Polski i Europy. Celem tych badań jest opracowanie metody wytwarzania kompozytów miedź-grafen, miedź-nanorurki oraz aluminium-grafen, aluminium-nanorurki o nieosiągalnych dotychczas własnościach, w szczególności przewodności elektrycznej i cieplnej, jak również wytrzymałości mechanicznej. Jest to przedsięwzięcie bardzo trudne związane z metalurgiczną syntezą metalu (miedzi, aluminium) ze szlachetnymi odmianami węgla w postaci grafenu i nanorurek, które z natury nie chcą łączyć się ze sobą. Jedną z potencjalnych metod łączenia tych dwóch odmiennych od siebie typów materiałów (metal-węgiel) jest technologia odlewania ciągłego z ultraszybką krystalizacją i intensywnym mieszaniem mieszaniny metal-węgiel w strefie krystalizacji (przy ewentualnym udziale mikrodotyków ułatwiających zachodzenie syntezy takich jak chrom czy magnez w przypadku kompozytów miedź-węgiel). Jestem współtwórcą stanowisk do odlewania ciągłego do góry i w dół przeznaczonych do wytwarzania kompozytów metal-grafen/nanorurki, które następnie wspólnie z kolegami uruchamiałem oraz na których aktualnie prowadzone są badania syntezy metalurgicznej nowych materiałów. Brałem również czynny udział w pracach zleconych przez International Copper Association (ICA) z USA nad pionierskimi badaniami uzyskiwania kompozytów typu Covetic, tj. kompozytów miedź-węgiel aktywowany. Przedsięwzięcie to wymagało opracowania metody uzyskiwania kompozytów Covetic metodą odlewania

ciągłego - jestem jednym z twórców opracowania tej metody. Prowadzone przy moim współudziale badania pozwoliły na wytworzenie nowego materiału na osnowie miedzi, który w swojej strukturze zawiera nanometryczne cząstki węgla odpowiedzialne za obniżony temperaturowy współczynnik rezystancji kompozytu, który wyniósł $0,0034 \text{ K}^{-1}$ (dla czystej miedzi wynosi on standardowo $0,004 \text{ K}^{-1}$). Odpowiedzialny jest on bezpośrednio za nagrzewanie się materiału podczas przewodzenia prądu (kompozyt o niższej podatności do nagrzewania w wyniku przepływu prądu). Prace te kontynuowane były w badaniach zleconych przez amerykańską firmę NanoRidge, twórcę kompozytów TeraCopper®, które poddane zostały kompleksowej charakteryzacji i badaniom własności, a które miałem z kolegami z zespołu przyjemność realizować.

W dziedzinie odlewania ciągłego brałem czynny udział w badaniach nad metodami wytwarzania wysokiej czystości miedzi beztlenowej w gat. CuOFC, będąc głównym projektantem laboratoryjnego stanowiska do poziomego odlewania ciągłego oraz laboratoryjnego stanowiska do ciągnięcia mikrodrutów do średnic z zakresu $50 \mu\text{m}$, realizowanych w ramach projektu rozwojowego. Brałem czynny udział w opracowaniu technologii i badaniach odlewania ciągłego prętów z miedzi beztlenowej o ukierunkowanej strukturze krystalicznej. Jako członek zespołu badawczego uczestniczyłem w badaniach nad uzyskiwaniem i kształtowaniem własności stopów Cu-Mg zarówno w procesie odlewania ciągłego, jak i przetwarzania na druty metodą ciągnięcia. Prace te chociaż realizowane w ramach projektu badawczego ukierunkowane zostały na cel aplikacyjny do potencjalnego zastosowania na przewody jezdne do kolei dużych prędkości jazdy.

Kontynuacją moich zainteresowań w dziedzinie odlewania ciągłego był udział w projektowaniu, a następnie badaniach w warunkach laboratoryjnych odlewania stopów aluminium na obracające się walce (Twin Roll Casting) realizowanych w ramach projektu rozwojowego. W ramach prac opracowano i doświadczalnie zweryfikowano technologię odlewania stopów aluminium 1xxx, 3xxx i 8xxx na obracające się walce. Efektem tych prac było podjęcie kolejnych badań nad przemysłową technologią wytwarzania stopów Al metodą TRC (projekt PBS).

W ostatnim czasie w konsorcjum AGH-TELE-FONIKA Kable S.A. opracowana została innowacyjna w skali świata metoda bezpośredniego przetopu złomów pokablowych w postaci granulatów Cu w procesie odlewania ciągłego do góry. W opracowanej technologii brałem czynny udział od samego początku, zarówno projektując oprzyrządowanie do wtapienia granulatów, jak i prowadząc pierwsze próby na przemysłowej instalacji Rautomead w zakładzie Zajecar w Serbii. Konsekwencją tych prac i dalszych badań było opracowanie metody i jej wdrożenie w warunkach przemysłowych, czego efektem jest uruchomienie produkcji prętów odlewanych z miedzi beztlenowej CuOF najwyższej czystości, które wytwarzane są wyłącznie ze złomów w zakładzie Telefonia Kable S.A.

Prowadzone prace nad odlewaniem ciągłym i zdobyte doświadczenie pozwoliły na podjęcie w zespole AGH-ADAMET s.j. kolejnych badań, których celem jest opracowanie i wdrożenie technologii odlewania ciągłego profili ze stopów aluminium w gat.

EN-AW 6060 oraz EN-AW 6082 w procesie odlewania ciągłego z elektromagnetyczną modyfikacją struktury krystalicznej odlewów wytwarzanych wyłącznie ze złomów. Mój udział w tych pracach polega na kierowaniu projektem (Innotech) ze strony AGH, jak również udział w badaniach laboratoryjnych i przemysłowych. Przeprowadzone badania wykazały, że możliwe jest uzyskiwanie wysokiej jakości odlewów ciągłych o zmodyfikowanej strukturze krystalicznej ze stopów aluminium uzyskiwanych wyłącznie ze złomów odpadowych. Prace te są kontynuowane w warunkach przemysłowych, a ich efektem będzie uruchomienie produkcji wyrobów okrągłych z zakresu średnic 20-90 mm przeznaczonych do przeróbki plastycznej (w stanie po odlaniu), jak również do bezpośredniego wykorzystania w procesach obróbki mechanicznej (stany utwardzenia T4 i T6). Jestem również głównym wykonawcą projektu dot. procesu odlewania ciągłego mosiądzów oraz metod eliminacji cząstek twardych metodami metalurgicznymi realizowanego w ramach projektu PBS3.

Jestem również członkiem zespołu i jednocześnie kierownikiem ze strony AGH projektu PBS 3 realizowanego wspólnie z firmą Ensol sp. z o.o., którego celem jest opracowanie nowej generacji hybrydowego kolektora słonecznego wykorzystującego ciepło odpadowe generowane przez ogniwa fotowoltaiczne.

Uczestniczyłem w wielu pracach zleconych i badaniach aplikacyjnych pełniąc zarówno funkcję kierownika tych prac (33 zlecenia), jak i wykonawcy (18 zleceń). Realizowałem również projekt - Dolnośląski Bon na Innowacje (Poddziałanie 8.2.1. Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki) – kierownik ze strony AGH. Ponadto byłem powołany jako ekspert Sądu Rejonowego w Miechowie wykonując ekspertyzę dot. zachowania się kabli miedzianych izolowanych, pod wpływem ekspozycji wysokiej temperatury w wyniku spalania izolacji. Jestem laureatem zespołowej II nagrody Prezesa Rady Ministrów za wybitne osiągnięcia naukowo-techniczne w 2010r. za opracowanie nowej generacji wysokoobciążalnych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych, jak również zespołowego wyróżnienia w konkursie o nagrodę im. Prof. Czesława Jaworskiego za opracowanie urządzenia naprężającego do kompensacji długości w przewodach jezdnym i linach nośnych uzyskane na 11. Międzynarodowych Targach Kolejowych Trako 2015. Ponadto jestem laureatem zespołowej nagrody The Marshall V. Yokelson Memeorial Medal Award” za artykuł z dziedziny metali nieżelaznych pt.”Technology production and properties of high-strength and high-conductivity nanostructured copper-silver wires for new type overhead line conductors” - nagroda przyznana w roku 2014 przez WAI Interwire- Indianapolis USA oraz pierwszej nagrody zespołowej za najlepszy poster na 2nd International Conference on Non-Ferrous Metals (ICNFM 2015), “Rheological resistance of CuAg15 alloy wires”, Kraków 2015. Jestem członkiem zespołu, który opracował dla European Copper Institute (Copper Alliance) bazę danych Copper Alloys Knowledge Base, a także recenzowałem dwie publikacje naukowe z dziedziny inżynieria metali.

Jestem członkiem 9 konsorcjów badawczych o zasięgu krajowym i międzynarodowym gromadzących specjalistów z jednostek naukowych m.in.:

- Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie,
- Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie,
- University of Cambridge (United Kingdom),
- Aalto University (Finland),
- Institute of Occupational Medicine (United Kingdom),

i przemysłowych takich jak:

- Carbo-Graf sp. z o.o. z Raciborza,
- KUCA sp. z o.o. ze Stargardu Szczecińskiego,
- BOLMET S. A. z Bolesławia,
- Energetyka Solarna Ensol sp. z o.o. z Raciborza,
- Tele-Fonika Kable S.A. z Krakowa,
- Adamet Witold Gajdek, Adam Pęczar sp. j. z Rzeszowa,
- MABO sp. z o.o. ze Szczecina,
- Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. z Konstancina-Jeziorny,
- Outotec Oy (Finland),
- National Grid Electricity Transmission Plc (United Kingdom),
- Aurubis (Belgium),
- Nexans S.A.S (France),
- KME GmbH & Co KG (Germany),
- Peugeot Citroen Automobiles S.A. (France),
- Wieland Werke AG (Germany),
- Invro Ltd (United Kingdom),
- PE International (United Kingdom).

Uczestniczę (uczestniczyłem) w sześciu programach badawczych i wdrożeniowych, międzynarodowych i krajowych tj. w 7 Programie Ramowym UE, w Programie Badań Stosowanych (PBS 3, PBS 2), Innotech (Innotech 2, Innotech 3), Demonstrator+, Dolnośląskim Bonie na Innowacje oraz Kredycie Technologicznym – Działanie 4.3 (Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka).

Ponadto w ciągu ostatnich lat odbyłem staże naukowe m.in. w:

- Staż naukowo-przemysłowy w Kuca Sp. z o.o. ze Stargardu Szczecińskiego, Polska
- Staż naukowo-przemysłowy w TFKable Zajecar, Serbia,
- Staż naukowy w ramach 7 Programu Ramowego (FP7-Ultrawire) w Institute of Occupational Medicine (IOM) w Edynburgu, Wielka Brytania
- Staż naukowy organizowany przez Copper Committee Meeting w firmie Lafarga Lacambra, Hiszpania
- Staż naukowy organizowany przez GDMB, Niemcy
- Staż naukowy Southwire, North Caroline, USA.
- Staż naukowy w ramach 7 Programu ramowego FP7 – Ultrawire w firmie Aurubis, w firmie KME oraz w firmie Nexans.

Pełnię funkcję eksperta merytorycznego audytów systemowych projektów Demonstrator+ oraz Innotech 3 realizowanych na zlecenia Narodowego Centrum Badań i Rozwoju przez firmę Idipsum sp. z o.o

Oprócz prac prowadzonych pod kątem działalności naukowo-badawczej jako pracownik Akademii Górniczo-Hutniczej prowadzę również działalność dydaktyczną, którą rozpocząłem w roku 2007, kiedy to, będąc na studiach doktoranckich, zostałem przyjęty na stanowisko asystenta. Działalność tę kontynuuję aktualnie, pracując na stanowisku adiunkta (od roku 2011) Wydziału Metali Nieżelaznych AGH. Prowadzę zajęcia dydaktyczne głównie na kierunkach: metalurgia, zarządzanie i inżynierami produkcji, zarówno z przedmiotów podstawowych jak i zawodowych takich jak: metrologia, statystyka, przeróbka plastyczna, techniki produkcyjne i procesy odlewania ciągłego metali nieżelaznych, a także z przedmiotów związanych z problematyką eksploatacji systemów elektroenergetycznych. Jako adiunkt prowadzę zajęcia w formie ćwiczeń laboratoryjnych, wykładów oraz zajęć projektowych zarówno na studiach I, jak i II stopnia.

Do mojej działalności dydaktycznej zaliczyć należy m.in.:

1. Współdziałanie w opracowaniu programu specjalności studiów magisterskich na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH – specjalność: materiały i technologie w systemach elektroenergetycznych (kierunek: zarządzanie i inżynieria produkcji). Specjalność uruchomiona została w roku 2013,
2. Opracowanie programu przedmiotów oraz oryginalnych autorskich wykładów:
-*Eksploracja kabli i przewodów*, specjalność: materiały i technologie w systemach elektroenergetycznych, kierunek studiów: zarządzanie i inżynieria produkcji – wykład i zajęcia laboratoryjne,
-*Projektowanie procesów przeróbki plastycznej*, specjalność: przeróbka plastyczna metali, kierunek studiów: metalurgia – wykład i ćwiczenia projektowe,
3. Prezentację Laboratorium Odlewania Ciągłego Metali Nieżelaznych - dni otwarte AGH 2015 – pokaz stanowisk badawczych oraz technologii odlewania ciągłego metali nieżelaznych abiturientom oraz zwiedzającym,
4. Prezentację Laboratorium Technologii Przetwórstwa Metali Nieżelaznych na jubileuszu 45-lecia i 50-lecia Wydziału Metali Nieżelaznych – przedstawienie absolwentom i gościom urzędzeń laboratoryjnych oraz możliwości prowadzenia badań na Wydziale Metali Nieżelaznych,
5. Opiekę naukową nad studentami Wydziału Metali Nieżelaznych na kierunkach: metalurgia, zarządzanie i inżynieria produkcji. Dotychczas byłem promotorem jedenastu prac magisterskich oraz pięciu projektów inżynierskich, których tematyka związana jest ściśle z branżą metali nieżelaznych. Recenzowałem również pięć prac dyplomowych,
6. Opiekę naukową nad doktorantami Wydziału Metali Nieżelaznych na kierunku metalurgia. ***Jestem promotorem pomocniczym trzech doktoratów***. Jeden z

doktoratów został już obroniony (listopad 2015r.) oraz dwa kolejne posiadają otwarte przewody doktorskie a ich obrona planowana jest kolejno na koniec 2016 i 2017 r. Prowadzę również opiekę naukową nad dwoma doktoratami, których planowaną datą otwarcia przewodów doktorskich jest czerwiec 2016 r,

7. Opracowanie laboratoryjnych stanowisk do celów badawczo-dydaktycznych:
 - urządzenie do ciągnięcia mikro-drutów z pomiarem parametrów siłowych i procesowych,
 - współudział w projektowaniu urządzenia do poziomego odlewania ciągłego metali nieżelaznych,
 - współudział w projektowaniu urządzenia do metalurgicznej syntezy kompozytów miedź-nanorurki w procesie ciągłego odlewania pionowego w dół
 - współudział w projektowaniu urządzenia do ciągłego odlewania do góry kompozytów miedź-grafen, aluminium-grafen
 - współudział w projektowaniu urządzenia do ciągłego odlewania blach Al w procesie TRC.

Ponadto w ramach mojej działalności naukowo-dydaktycznej angażuję się zarówno w prace organizacyjne związane ze spotkaniami naukowymi i zespołów w ramach realizacji prac badawczo-rozwojowych, jak i w udział w organizacjach naukowych i pracach na rzecz nauki.

Do mojej działalności organizacyjnej zaliczyć można:

1. Członkostwo w zespole organizującym dni otwarte AGH Wydziału Metali Nieżelaznych w 2015 r. Jest to coroczne spotkanie kadry naukowej Akademii Górniczo-Hutniczej z kandydatami na studentów oraz uczniami szkół średnich, organizowane zarówno w celu prezentacji zaplecza naukowo-badawczego i dydaktycznego, jak i przedstawienia oferty kształcenia abiturientów na AGH,
2. Pracę w Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej AGH w latach 2010-2012,
3. **Członkostwo w Komitecie organizacyjnym i współtwórca sesji tematycznej** Seminarium Naukowo-Technicznego Konsorcjum NOEL pt. "Nowoczesne Materiały i Technologie Metali Nieżelaznych dla Elektroenergetyki 2011", Kraków Wydział Metali Nieżelaznych AGH, organizator: Akademia Górniczo-Hutnicza oraz Wire Association International Oddział Polska – 8 grudnia 2011r,
4. Współorganizację międzynarodowego spotkania naukowo-badawczego Covetic Kraków 2012 mającego na celu prezentację w gronie przedstawicieli International Copper Association wyników badań nad kompozytami miedź-węgiel,
5. Współorganizację międzynarodowego spotkania UltraWire Kraków 2014 mającego na celu prezentację możliwości badawczych Wydziału Metali Nieżelaznych w ramach badań nad technologiami wytwarzania kompozytów miedź-grafen/nanorurki węglowe,
6. Członkostwo w organizacji: Wire Association International Inc. Boston USA,
7. Członkostwo w organizacji: TMS The Minerals, Metals & Materials Society Warrendale, USA,

8. Członkostwo w organizacji: GDMB Gesellschaft der Metallurgen und Bergleute e. V. (GDMB), Clausthal-Zellerfeld, Niemcy,
9. Współorganizator wycieczek technologicznych dla studentów do zakładów przemysłowych,
10. Współorganizator wielu spotkań roboczych w ramach realizacji projektów badawczo-rozwojowych.

Robert Krosniński

Podpis wnioskodawcy