

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Rdzawski
Instytut Metali Nieżelaznych
ul. Sowińskiego 5
44-100 Gliwice

Gliwice, 06.06.2016 r.

Recenzja

całokształtu dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego
i organizacyjnego w postępowaniu habilitacyjnym

Pana dr inż. Pawła Kwaśniewskiego

wykonana na zlecenie Pani prof. dr hab. inż. Marii Richert Dziekana Wydziału Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica z dnia 30. 05.2016 na podstawie decyzji Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów (nr BCK-VI-L-7081/16) z dnia 20.05.2016

1. Informacje ogólne

Pan dr inż. Paweł Kwaśniewski urodził się 13 lutego 1979 r w Krakowie. W latach 1999 – 2004 studiował na kierunku Metalurgia, specjalność Przeróbka Plastyczna na Wydziale Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo – Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Swoją działalność naukową rozpoczął już na trzecim roku studiów magisterskich w ramach działalności Koła Naukowego prowadzonego przez Pana Prof. Tadeusz Knychę. W ramach tej działalności badał własności użytkowe przewodów jezdnych wykonanych ze stopu CuAg_{0,1}. W wyniku owocnej działalności naukowej na piątym roku studiów magisterskich został przyjęty na staż naukowy na macierzystym Wydziale

Pracę magisterską pt „*Badania porównawcze odporności cieplnej przewodów jezdnych wykonanych z miedzi elektrolitycznej w gat. ETP i z miedzi srebrowej w gat. CuAg_{0,1}*”, której Promotorem był Pan Prof. dr hab. inż. Tadeusz Knych obronił w lipcu 2004 roku uzyskując tytuł magistra inżyniera

W latach 2004 do 2009 uczestniczył w studiach doktoranckich prowadzonych na macierzystym Wydziale, gdzie Jego praca naukowa koncentrowała się głównie na badaniach i opisie fenomenologicznym procesu relaksacji naprężeń różnych materiałów metalicznych, jak też na badaniach w dziedzinie inżynierii materiałowej i przeróbki plastycznej metali.

Zdobyta i pogłębiona wiedza oraz doświadczenie naukowo-badawcze zaowocowały wykonaniem pracy doktorskiej pt: „*Badania relaksacji naprężeń w materiałach metalicznych o zróżnicowanych cechach reologicznych*” po obronieniu, której w lutym 2009 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie metalurgia. Promotorem rozprawy doktorskiej był Pan Prof. dr hab. inż. Tadeusz Knych.

W ramach rozprawy doktorskiej prowadził rozważania na temat reologicznego zachowania się układów zbudowanych z różnych materiałów i opracował model relaksacji naprężeń o zróżnicowanych cechach lepko-sprężystych. Opracowane w ramach rozprawy

doktorskiej zależności umożliwiały modelowanie i przewidywanie procesu relaksacji naprężeń układów zbudowanych z różnych materiałów.

Szczegółowe zainteresowania Habilitanta ogniskowały się na zagadnieniach inżynierii materiałowej oraz powiązaniach interdyscyplinarnych objawiających się w projektowaniu i badaniach własności użytkowych wyrobów z metali nieżelaznych i ich stopów, w projektowaniu urządzeń laboratoryjnych i przemysłowych, inżynierii procesowej, narzędziach oraz badaniach technologii wytwarzania półwyrobów i wyrobów z metali nieżelaznych i ich stopów.

Od 01.07. 2007 roku do 28.02.2011 roku zatrudniony został na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH w Katedrze Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa jako Asystent a od 01.03. 2011 do chwili obecnej jako Adiunkt w macierzystej Katedrze Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa

2. Omówienie i ocena dorobku naukowego

Swoją przygodę z badaniami naukowymi jak już wspomniano Pan dr inż. Paweł Kwaśniewski rozpoczął w trakcie studiów na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH. Zdobyta wiedza i doświadczenie naukowo-badawcze w trakcie studiów jak też środowisko naukowe współpracowników, do którego został włączony po studiach, stanowiły silną motywację do systematycznego podnoszenia swoich kwalifikacji. Tę szansę przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitant w pełni wykorzystał prezentując wyniki prac w uznanych czasopismach naukowych oraz na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Ilościowy dorobek Habilitanta obejmuje:

Okres od 2004 roku do 2009 roku (przed uzyskaniem stopnia doktora)

Publikacji w czasopismach naukowych	11
Publikacji w materiałach konferencyjnych	5
Referatów wygłoszonych na konferencjach krajowych i międzynarodowych	11
Udział w realizacji projektów	7
Udział w realizacji prac dla przemysłu	3
Zgłoszenia patentowe, wzory użytkowe, wzory przemysłowe	14

Okres od 2009 roku do 2016 roku (po uzyskaniu stopnia doktora)

Monografia autorska	1
Współautorstwo rozdziałów w monografiach	2
Publikacje w czasopismach naukowych krajowych i zagranicznych	67
Wygłoszone referaty na konferencjach krajowych i międzynarodowych	17
Współautorstwo w referatach krajowych i zagranicznych	31
Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	10
Uzyskane patenty krajowe (współautor)	9
Uzyskane wzory użytkowe (współautor)	5
Uzyskane wzory przemysłowe na terytorium UE (współautor)	12
Zgłoszenia patentowe i wzory użytkowe krajowe (współautor)	12
Zgłoszenia patentowe i wzory międzynarodowe (współautor)	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 (w tym 1 obroniony)	3
Opiekun naukowy doktoratu	2
Promotor prac dyplomowych (opieka nad studentami)	16
Nagrody i wyróżnienia	4.

Zasadniczym osiągnięciem naukowym Kandydata jest monografia autorska pt. **Nośno-przewodzący osprzęt górnej kolejowej sieci trakcyjnej. Materiały – Konstrukcje - Technologie wytwarzania**, stanowiąca przedmiot rozprawy habilitacyjnej

W czasopiśmie z bazy Journal Citations Report (JCR) znajduje się 7 publikacji, w tym jedna, w której Habilitant występuje jako główny autor, w pozostałych jako współautor. Cztery publikacje zostały zamieszczone w *Archives of Metallurgy and Materials* (lata 2012, 2014, 2015, 2015) oraz po jednym artykule w czasopiśmie *Metallurgical and Materials Transactions B* (2004), *Proceedings of 13-th International Conference on Aluminium Alloys ICAA, USA* (2012) oraz w *Solid State Phenomena* (2012). Publikacje w tych czasopiśmie obejmowały między innymi:

- problematykę wytwarzania i charakteryzację własności elektrycznych kompozytów *Cu-Grafen* oraz *Cu-CNT's*,
- badania rozwoju mikrostruktury w walcowanych stopach na osnowie magnezu,
- charakterystykę i właściwości kompozytów miedź-węgiel w procesie syntezy metalurgicznej,
- wyniki badań nad wytwarzaniem kompozytów typu „*covetic*”,
- wytwarzanie, własności i mikrostrukturę drutów ze stopu miedzi ze srebrem o wysokich własnościach wytrzymałościowych jak też wysokiej przewodności elektrycznej,
- badania mikrostruktury własności mechanicznych i elektrycznych oraz ich relacji podczas zimnego walcowania aluminium serii 1xxx z wsadu odlewanego w sposób ciągły,
- badania elektronomikroskopowe starzonych stopów *Cu-Ni-Si*.

Kolejną dziedzinę aktywnej działalności naukowo-badawczej Habilitanta stanowiły zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne. Osiągnięcia te dotyczyły:

- opracowania technologii i uruchomienia produkcji nowej generacji elementów nośnych kolejowych sieci trakcyjnych,
- opracowanie technologii ciągłego odlewania drutów miedzianych na cele elektryczne na bazie granulatu miedzi powstałego z odpadów kablowych,
- opracowanie i wykonanie urządzenia do odlewania pionowo „do góry” kompozytów miedź-grafen, aluminium-grafen,
- urządzenia do metalurgicznej syntezy kompozytów miedź-nanorurki węglowe w procesie ciągłego odlewania pionowo „w dół”,
- niskostratnego przewodu do elektroenergetycznych linii napowietrznych z nośno-przewodzącym rdzeniem ze stopów *Cu-Ag*,
- urządzenia do ciągłego odlewania blach *Al* w procesie TRC (twin roll casting)
- opracowania i uruchomienia produkcji nowej generacji typoszeregu konstrukcji wsporczych dla kolejowej sieci trakcyjnej,
- polowego stanowiska do badań konstrukcji wsporczych,
- urządzenia do poziomego odlewania ciągłego stopów metali nieżelaznych,
- urządzenia do ciągnięcia mikro drutów.

Znaczna część tych osiągnięć ze względu na interdyscyplinarny charakter realizowana była w szerokich zespołach badawczo-przemysłowych, w których aktywnie uczestniczył Habilitant. Nawiązane kontakty i zdobywane wspólnie doświadczenie sprzyjały skutecznemu wdrażaniu do praktyki realizowanych innowacyjnych rozwiązań. Dokumentują to udzielone patenty i wzory użytkowe, zarówno krajowe jak też międzynarodowe, a w szczególności:

- Patent nr P 403171 (2014): *Walec krystalizatora układu do ciągłego odlewania aluminium i jego stopów.*
- Patent nr P. 403443 (2014): *Sposób wytwarzania drutów ze stopów Cu-Ag.*
- Patent nr P. 403444 (2014): *Sposób wytwarzania drutów ze stopów Cu-Ag.*

- Patent nr P. 214428 (2013): *Uchwyt odległościowy.*
- Patent nr P. 214960 (2013): *Sposób wytwarzania elementów osprzętu trakcji elektrycznej.*
- Patent nr P. 214710 (2013): *Izolator sekcyjny.*
- Patent nr P. 218241 (2014): *Sposób ciągłego odlewania materiałów krystalicznych i urządzenie do poziomego odlewania materiałów krystalicznych.*
- Patent nr P. 405541 (2015): *Płaszcz walca-krystalizatora do ciągłego odlewania metali nieżelaznych i ich stopów.*
- Patent nr P. 405866 (2015): *Układ zalewowy do ciągłego odlewania metali nieżelaznych i ich stopów.*

Znaczący udział Habilitanta w działalności innowacyjnej dokumentują wynalazki, wzory użytkowe i przemysłowe, wystawiane na międzynarodowych i krajowych targach i wystawach, dla przykładu:

- Wzór użytkowy nr 67550: *Uchwyt do liny z przewodem jezdny.* Targi kolejowe InnoTrans Berlin. 2010.
- Wzór użytkowy nr 67551: *Uchwyt do lin nośnych.* Targi kolejowe InnoTrans Berlin 2010.
- Wzór użytkowy nr 67552: *Uchwyt przegubowy do ramion odciągowych.* Targi kolejowe InnoTrans Berlin 2010.
- Wzór użytkowy nr 67553: *Uchwyt do liny uelastyczniającej.* Targi kolejowe InnoTrans Berlin 2010.
- Wzór użytkowy nr 67554: *Uchwyt wieszakowy.* Targi kolejowe InnoTrans Berlin 2010.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM*) nr 001269716-001. *Słup do trakcji elektrycznej.* Targi kolejowe Trako Gdańsk 2013 i 2015.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM nr 001277750-001. *Bramka trakcji elektrycznej.* Targi kolejowe Trako Gdańsk 2013 i 2015.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 001961939-0001: *Power overhead line conductor. Single-layer round wires.* 2011. Zakres terytorialny ochrony UE.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 001961939-0002: *Power overhead line conductor. Double-layer round wires.* 2011. Zakres terytorialny ochrony UE.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 001961939-0003: *Power overhead line conductor. Multi-layer round wires.* 2011. Zakres terytorialny ochrony UE.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 001961939-0004: *Power overhead line conductor. Single-layer shaped wires.* 2011. Zakres terytorialny ochrony UE.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 001961939-0005: *Power overhead line conductor. Double-layer shaped wires.* 2011. Zakres terytorialny ochrony UE.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 001961939-0006: *Power overhead line conductor. Multi-layer shaped wires.* 2011. Zakres terytorialny ochrony UE.
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 002762773-0001: *Napinacz kabla sieci trakcji elektrycznej.* 2015. Zakres terytorialny ochrony UE. Targi kolejowe Trako Gdańsk 2015
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 002762781-0001: *Urządzenie naprężające kabel sieci trakcji elektrycznej.* 2015. Zakres terytorialny ochrony UE. Targi kolejowe Trako Gdańsk 2015
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 002762799-0001: *Wysięgnik przewodu powrotnego trakcji elektrycznej.* 2015. Zakres terytorialny ochrony UE. Targi kolejowe Trako Gdańsk 2015

- Wzór przemysłowy UE-OHIM 002762773-0001: *Napinacz kabla sieci trakcji elektrycznej*. 2015. Zakres terytorialny ochrony UE. Targi kolejowe Trako Gdańsk 2015
- Wzór przemysłowy UE-OHIM 002762807-0001: *Podwieszenie kabli sieci trakcji elektrycznej*. 2015. Zakres terytorialny ochrony UE. Targi kolejowe Trako Gdańsk 2015

*) **OHIM**-Office for Harmonization in the Internal Market (Urząd – Harmonizacji Rynku Wewnętrznego, znaki towarowe i wzory).

Dorobek naukowy Habilitanta uzupełniają rozdziały w dwu monografiach oraz współautorstwo 6 publikacji w czasopismach poza bazą JCR, w szczególności w artykułach:

- “*Studies on copper-activated carbon (CWZ14) metallurgical synthesis with the use of continuous casting method*”. Key Engineering Materials (2015). Switzerland
- “*Analysis of properties of selected Aluminium alloys, obtained by twin roll casting method subjected to cold rolling process*”. Key Engineering Materials (2015). Switzerland
- “*An analytical model for the high temperature low sag conductor knee point determination*”. Key Engineering Materials (2015). Switzerland
- “*Technology production and properties of high-strength and high-conductivity nanostructured copper-silver wires for new type overhead line conductors*”. Wire Journal International. (2014) USA.
- “*Studies on obtaining Cu-CNT composites by continuous casting method*”. (2014) .Metallurgy and Foundry Engineering.
- “*An examination of the heat treatment effect on mechanical properties of twin-roll cast followed by cold rolling sheets made of aluminium and its alloys*”. (2014) .Metallurgy and Foundry Engineering.

Znaczna aktywność naukową jako współautor zaznaczył Habilitant w 30 publikacjach w czasopismach krajowych, z czego w latach od 2010 do 2015 zamieszczonych zostało 15 artykułów w Rudach i Metalach Nieżelaznych, 12 w Hutniku, jeden artykuł w czasopiśmie Technika Transportu Szynowego oraz jeden w Zeszytach naukowo-technicznych Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji i drugi w pracy zbiorowej pt. „*Elektrotechnika w zastosowaniach trakcyjnych*.”

Godny podkreślenia jest także udział Habilitanta w opracowaniach zbiorowych, szczególnie w opracowaniu bazy danych do „*Copper Alloys Knowledge Base*” dla European Copper Institute (Copper Alliance)

Znacząca jest także aktywność Habilitanta w publikowaniu swoich wystąpień w materiałach konferencji krajowych i zagranicznych. W szczególności opublikowanych w Materiałach European Metallurgical Conference (2013) w Niemczech, w Pracach Szkoły Inżynierii Materiałowej, w Nowych trendach w naukach inżynierskich, w Semtrak, w materiałach międzynarodowej konferencji Copper 2010 w Niemczech ,w materiałach Seminarium Naukowo-Technicznego: Innowacje w energetyce (2011) w Budapeszcie na Węgrzech oraz materiałach wielu innych konferencji.

Habilitant wygłosił 17 referatów na konferencjach krajowych i zagranicznych oraz występuje jako współautor w 31 referatach.

Pan dr inż. Paweł Kwaśniewski aktywnie uczestniczy i uczestniczył w pozyskiwaniu i realizacji krajowych projektów badawczych. Kieruje z ramienia AGH realizacją dwóch projektów badawczych PBS „*Opracowanie nowej generacji hybrydowego kompaktowego kolektora słonecznego z bionicznym absorberem ciepła odpadowego*” oraz drugiego projektu „*Opracowanie technologii wytwarzania nowej generacji nakładek stykowych do odbieraków*”

prądu trakcji kolejowej”. Ponadto jest również kierownikiem 2 projektów wdrożeniowych Innotech tj. „Opracowanie technologii i uruchomienie produkcji wyrobów ze stopów aluminium w gat. EN AW-6060 oraz EN AW-6082 w procesie odlewania ciągłego z elektromagnetycznym układem modyfikacji struktury” oraz „Opracowanie technologii i uruchomienie produkcji nowej generacji elementów nośnych kolejowych sieci trakcyjnych”. Kierował wdrażaniem technologii w ramach programu Kredyt technologiczny „Technologia wytwarzania osprzętu trakcyjnego w zintegrowanym procesie kucia wsadu odlewanego” jak i przedsięwzięciem w ramach Dolnośląskiego bonu na innowacje „Przeprowadzenie badań nad prototypem i stworzenie prototypu urządzenia do mierzenia prędkości pływania”

Jest głównym wykonawcą dwóch projektów NCBiR:

- „Opracowanie oraz wdrożenie nowej generacji kluczowych elementów nośno-przewodzących tramwajowej górnej sieci trakcyjnej”.
- „Opracowanie metalurgicznej metody eliminacji cząstek twardych w mosiadcach w procesie odlewania ciągłego”

Był wykonawcą jednego projektu badawczego międzynarodowego oraz wykonawcą 13 krajowych projektów badawczych oraz wykonawcą 51 prac dla przemysłu.

Według stanu na dzień 1.06.2016 w bazie Web of Science wykazane jest 7 pozycji, 2 cytowania index Hirscha $h = 1$,

Jak wynika z dokonanego omówienia powszechnie stosowany indeks h nie oddaje w pełni wartości dorobku naukowego oraz innowacyjnego Pana dr inż. Pawła Kwaśniewskiego. Znaczący dorobek naukowo – badawczy dokumentują przyznane nagrody :

- Nagroda Prezesa Rady Ministrów za wybitne krajowe osiągnięcia naukowo-techniczne. (*Nowy typ sieci trakcyjnej przeznaczonej do wysoko obciążalnych mechanicznie i prądowo polskich linii kolejowych o prędkości jazdy do 250 km/godz.*) 2010.
- Nagroda „The Marshall V. Yokelson Memorial Award in Nonferrous Division” USA 2014.

W mojej ocenie ilościowy i merytoryczny dorobek naukowo-badawczy Pana dr inż. Pawła Kwaśniewskiego dokonany w niewielkim przedziale czasu (6 lat) jest imponujący i budzi szacunek. Odnosi się to zarówno do działalności naukowej, projektowej, publikacyjnej, innowacyjnej, jak też umiejętnej i efektywnej współpracy z przemysłem oraz zaangażowanie w skuteczną realizację projektów badawczych finansowanych ze środków centralnych jak też współfinansowane ze środków Unijnych. Godne podkreślenia są nawiązane kontakty zagraniczne. Habilitant jest znanym i cenionym przez krajowe i zagraniczne ośrodki naukowe specjalistą w uprawianej przez siebie dyscyplinie naukowej „Inżynieria materiałowa”. Znany jest też i ceniony przez kadrę inżynierską krajowych przedsiębiorstw przemysłowych.

3. Omówienie dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Dorobek dydaktyczny i organizacyjny Pana dr inż. Pawła Kwaśniewskiego jest związany z :

- Opracowaniem programu nauczania na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH dla studiów magisterskich „Materiały i technologie w systemach elektroenergetycznych” oraz opracowanie autorskich wykładów z tej tematyki.
- Opieką naukową nad studentami w tym promotorstwo 16 prac dyplomowych.
- Opieką naukową nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego dla trzech doktorantów, z czego jedna praca została już obroniona w 2015r.

- Opieką naukową nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego nad dwoma doktorantami.
- Prowadzeniem wykładów z przedmiotów:
 - Projektowanie procesów przeróbki plastycznej,
 - Techniki pomiarowe w przeróbce plastycznej,
 - Continuous casting,
 - Eksploatacja kabli i przewodów,
 - Procesy i techniki produkcyjne,
- Prowadzeniem ćwiczeń, prac projektowych, laboratoriów
 - Przetwórstwo aluminium (lab),
 - Eksploatacja kabli i przewodów (lab),
 - Techniki pomiarowe w przeróbce plastycznej (lab),
 - Metrologia (lab),
 - Techniki produkcyjne (lab),
 - Projektowanie procesów przeróbki plastycznej (projekt),
 - Procesy i techniki produkcyjne (ćw),
 - Teoria procesów przeróbki plastycznej (ćw),
 - Statystyka (ćw),
 - Historia wynalazku (projekt).

Ponad to opracował oryginalne wykłady autorskie:

- „Eksploatacja 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,

Dorobek dydaktyczny w zakresie popularyzacji nauki obejmował:

- Prezentację Laboratorium Odlewania Ciągłego Metali Nieżelaznych podczas dni otwartych AGH oraz dla zwiedzających.
- Pracę w Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej AGH
- Prezentację Laboratorium Technologii Przetwórstwa podczas Jubileuszów 45 i 50 lecia Wydziału Metali Nieżelaznych

Dorobek organizacyjny wynika z udziału Habilitanta w Komitecie organizacyjnym Seminarium Naukowo -Technicznego NOEL pt.: „*Nowoczesne Materiały i Technologie Metali Nieżelaznych dla Elektroenergetyki*” (2001).

Podkreślić pragnę także udział Pana dr inż. Pawła Kwaśniewskiego w 12 konsorcjach i sieciach badawczych: *Carbo-Tech, KMEASURE, CASTBRASS, KTRAM, ENSOLTECH, CUT, Cast-Tech, Rail-Tech, UltraWire*(konsorcjum międzynarodowe), *Metgraf, Nowe technologie dla energetyki napowietrznej, Konsorcjum naukowe INM -AGH*

Pan dr inż. Paweł Kwaśniewski jest członkiem:

- Wire Association International Inc. Boston USA (od 2013 r)
- TMS The Minerale, Metals & Materials Society Warrendale USA (od 2015r)
- GDMB Gessellschaft der Metallurgen und Bergleute e.v..Clausthal-Zellerfeld Niemcy (od 2015).

W latach od 2010 do 2015 uczestniczył w 7 stażach naukowych w ośrodkach krajowych i zagranicznych, a w szczególności:

- Staż naukowo-przemysłowy w firmie Kuca Sp. Z o.o.
- Staż naukowo-przemysłowy w TFKable Zajcar Serbia (dwukrotnie)
- Staż naukowy w ramach 7 PR (FP7-Ultrawire) w Institute of Occupational Medicine (IOM) w Edynburgu.

- Staż naukowy organizowany przez Copper Committe Meeting w firmie Lafagra Lacambra w Hiszpanii.
- Staż naukowy organizowany przez GDMB w niemieckich firmach (Gebruder Keper GmbH, Leoni AG, Wiegand Werke, Vohringen oraz Montanwerke w Austrii)
- Staż naukowy Southwire North Carolina , USA
- Staż naukowy w ramach FP7 – Ultrawire w firmie Aurobis (Belgia), w firmie KME w Osnabruck (Niemcy), w firmie Nexans (Lille Francja).

Recenzował dwie publikacje jedną dla czasopisma krajowego, drugą dla czasopisma zagranicznego. Ponad to był recenzentem 11 projektów krajowych.

Warunek posiadania odpowiedniego dorobku dydaktycznego i organizacyjnego należy uznać za spełniony, a na podkreślenie zasługuje fakt, że dr inż. Paweł Kwaśniewski jest uznanym w kraju i za granicą specjalistą w szeroko rozumianej dyscyplinie *inżynierii materiałowej*.

4. Omówienie i ocena rozprawy habilitacyjnej

Podsumowanie swoich wieloletnich badań nad materiałami, konstrukcją oraz technologią wytwarzania osprzętu dla kolejowej sieci trakcyjnej Pan dr inż. Paweł Kwaśniewski zawarł w monografii autorskiej jako swoje osiągnięcie po otrzymaniu stopnia doktora pt: **„Nośno-przewodzący osprzęt górnej kolejowej sieci trakcyjnej”**, wydanej przez Wydawnictwo Wzorek w 2016 roku

Oceniana monografia autorska zawiera 255 stron łącznie ze streszczeniami w języku polskim i angielskim, zawiera 142 rysunków i 43 tabel. Podzielona jest na 13 zasadniczych rozdziałów oraz rozdział 14-ty ujmujący spis literatury.

Po krótkim wprowadzeniu uzasadniającym zajęcie się tą problematyką, Autor **w rozdziale drugim** koncentruje się na charakterystyce górnej kolejowej sieci trakcyjnej przeciwstawiając krytycznie osiągnięcia krajowe, szczególnie w zakresie prędkości jazdy pociągów z osiągnięciami światowymi oraz przyszłościowymi prognozami.

Dla przybliżenia obszaru badawczego, w oparciu o dane literaturowe, charakteryzuję typową kolejową sieć trakcyjną, która składa się z dwóch współpracujących ze sobą części dolną i górną. Dolna jej część składa się z podtorza i systemu torowego wraz z oprzyrządowaniem, natomiast górna z systemu połączonych ze sobą przewodów jezdnych, lin nośnych, osprzętu podwieszonych i konstrukcji wsporczych. Tworzą je rozwieszone w kształcie linii łańcuchowej liny nośne i przewód jezdny, podwieszony do sąsiadujących ze sobą konstrukcji wsporczych. Utrzymanie olinowania i przewodów nad osią torów umożliwia system podwieszonych oraz specjalny osprzęt w postaci uchwytów, zacisków i złączek tworzących układ przeznaczony do przewodzenia prądu. Końce przewodu jezdnygo i liny nośnej mocowane są do konstrukcji wsporczych przez system urządzeń naprężających, wywołujący naciąg w tych elementach. Wszystkie komponenty znajdujące się pod napięciem izolowane są od konstrukcji wsporczych.

Jak podkreśla Autor stosowane w Europie komercyjne rozwiązania naziemnych sieci trakcyjnych wykorzystują arbitralnie dwa systemy zasilania a mianowicie napięcie stałe 1,5 – 3 kV oraz napięcie przemienne 15kV oraz 25kV. Te odmienne systemy, chociaż wykorzystują podobne elementy konstrukcyjne, różnią się pod względem rozwiązań geometrycznych i materiałowych, wynikających z warunków ich pracy.

Charakterystykę sieci trakcyjnych zasilanych w systemie napięcia stałego Autor oparł o krajowe rozwiązania kolejowe, które ze względu na niskie napięcie zasilania (3 kV), aby zapewnić wymaganą obciążalność linii związaną zasilaniem taboru kolejowego o mocy 6 MW (a nawet 8 MW) muszą cechować się konstrukcją o wysokim przekroju poprzecznym

elementów przewodzących a szczególnie przewodów jezdnych (Djp- drut jezdny profilowy), lin nośnych i osprzętu. Sieci te są ciężkie, charakteryzują się poprzecznym przekrojem czynnym elektrycznie w zakresie od 295 do 450 mm² i średnią masą przypadająca na jedno przęsło sieci o długości 70 m z osprzętem trakcyjnym (bez uwzględnienia ciężkich izolatorów sekcyjnych) w zakresie od 180 do 300 kg.

Głównymi parametrami ograniczającymi górne sieci trakcyjne z punktu widzenia prędkości jazdy pociągów są temperatura ich pracy, własności wytrzymałościowe przewodów jezdnych i układów połączeń osprzęt – elementy przewodzące. W wyniku eksploatacji sieci trakcyjnej przepływ prądu wywołuje nagrzewanie wszystkich elementów przewodzących. W zależności od warunków atmosferycznych i intensywności poboru mocy oraz parametrów sieci, elementy systemu trakcyjnego mogą się nagrzewać do temperatury zagrażającej właściwemu funkcjonowaniu linii kolejowej. Temperatura pracy układów wynika z własności elektrycznych stosowanych materiałów, geometrii elementów systemu oraz parametrów montażu i eksploatacji.

Drugim parametrem ograniczającym prędkość jazdy są własności wytrzymałościowe przewodu jezdneho. Wiążą się one ze zjawiskiem wzbudzenia fali stojącej przewodu jezdneho, wywołanej przez uniesienie sieci przez nakładkę stykową pantografu

Trzecim parametrem funkcjonalnym sieci jest odpowiednio wysoka siła wyslizgu elementów przewodzących z osprzętu trakcyjnego i związana z tym rezystancja zestyku, która w zależności od obciążenia mechanicznego i elektrycznego linii, musi się znajdować na odpowiednim poziomie gwarantującym niezawodną ich pracę.

Elementy osprzętu służące do łączenia przewodów jezdnych i lin nośnych wytwarzane są z brązu aluminium BA1032 oraz brązu krzemowego BK331 odlewnych grawitacyjnie oraz miedzi w gat. CuETP (CuAg0,1). Konstrukcje wsporcze w znacznej mierze wykonywane są z materiałów konstrukcyjnych na bazie głównie stali S235JR.

W oparciu o dane literaturowe Autor stwierdza, że ze względu na ograniczenia materiałowe oraz kosztowe graniczną prędkością jazdy pociągów w systemie zasilania napięciem stałym jest 250 km/godz. Stąd, jak podkreśla zasadna wydaje się zmiana systemu zasilania sieci na napięcie przemiennie.

Typowymi w tych sieciach materiałami na przewody jezdne są miedź srebrna CuAg0,1, miedź magnezowa CuMg0,2 – CuMg0,7, miedź cynowa CuSn0,2 – CuSn0,4 oraz CuCd1. Na liny nośne, linki uelastyczniające i wieszakowe stosuje się stop CuAg0,1, CuMg0,5 jak też w wybranych przypadkach miedź CuETP. Osprzęt nośno-przewodzący wytwarzany jest ze stopów miedzi, głównie brązów aluminium CuAl10Fe3Mn2 (BA1032), CuAl10Ni, stopów CuNiSi, mosiądzu ołowiowego CuZn39Pb2 oraz czystej miedzi CuETP.

Na tym tle Autor koncentruje się na zasadniczym temacie monografii charakteryzując części systemu górnej kolejowej sieci trakcyjnej, przeznaczonej do przekazywania energii do elektrowozu, a zwłaszcza na osprzęcie służącym do łączenia przewodów jezdnych i różnego typu olinowania. Podkreśla, że długotrwała niezawodność i funkcjonalność sieci trakcyjnej jest uzależniona od warunków atmosferycznych, rodzaju taboru współpracującego, jakości pantografów kolejowych, jakości montażu, prawidłowego użytkowania, przeglądów konserwacyjnych oraz od wzajemnego oddziaływania elementów konstrukcji systemu trakcyjnego.

Statyczne obciążenia mechaniczne wynikają z założonych naciągów sieci oraz dodatkowo występujących sił w wyniku rozszerzalności cieplnej elementów składowych linii.

Mechaniczne obciążenia dynamiczne pochodzą głównie od przejeżdżającego taboru i czynników atmosferycznych.

Całość konstrukcji narażona jest także na oddziaływanie obciążeń cieplnych związanych z przepływem prądu, nadtopienia i nadpalenia w efekcie działania łuku elektrycznego.

Mając te uwarunkowania na uwadze Habilitant charakteryzuje w **rozdziale trzecim** przęsło sieci trakcyjnej z podaniem przykładów osprzętu trakcyjnego, stosowanego dotychczas w Polsce. **Osprzęt nośno-przewodzący (uchwyty, złączki, zaciski służące do łączenia elementów przewodzących tworzących system zasilania górnej sieci**

trakcyjnej) stosowany w trakcji elektrycznej w zależności od zastosowania ma charakter pracy mechaniczny, elektryczny lub mechaniczno-elektryczny.

Elementy osprzętu o mechanicznym charakterze pracy służą do mocowania mechanicznego elementów przewodzących prąd do systemu podwieszonych i konstrukcji wsporczych, od których wymagane są odpowiednio wysokie własności wytrzymałości mechanicznej.

Elementy o elektrycznym charakterze pracy służą, jako przyłącza prądowe i muszą się odznaczać szczególnie dobrymi własnościami elektrycznymi, odpowiednimi do bezpośredniego przekazywania energii elektrycznej z jednego elementu przewodzącego (np. liny nośnej) do drugiego (np. przewodu jezdnej). Wymagane są też odpowiednio wysokie własności mechaniczne umożliwiające prawidłowy montaż.

Elementy konstrukcyjne o mechaniczno-elektrycznym charakterze pracy obejmują między innymi wieszaki prądowe, które przenoszą zarówno obciążenia mechaniczne związane z podtrzymywaniem przewodu jezdnej jak też przekazują energię z jednego elementu do drugiego. Od tych elementów wymaga się wysokich własności wytrzymałościowych jak też elektrycznych.

W **rozdziale czwartym** Habilitant zawarł podstawowe informacje dotyczące elementów osprzętu sieci trakcyjnej, które są bardzo różnorodne i obejmują:

- uchwyty do kotwienia przewodów jezdnych i lin nośnych,
- uchwyty przegubowe do ramion odciągowych,
- elementy do mocowania lin nośnych,
- zaciski do połączeń równoległych lin,
- zaciski do połączeń równoległych lin z przewodem jezdnym,
- uchwyty wieszakowe,
- uchwyty lin uelastyczniających, złączki przewodów jezdnych,
- złączki lin nośnych, i tp.

Osprzęt ten produkowany jest z wykorzystaniem różnorodnych procesów prowadzonych w kilku lub kilkunastu operacjach technologicznych. Proces produkcyjny osprzętu Habilitant dzieli na 4 zasadnicze grupy obejmujące:

- technologię gięcia, wykrawania blach i obróbki mechanicznej,
- obróbkę mechaniczną profili wyciskanych,
- technologie odlewania,
- technologię kucia matrycowego.

Procesom tym towarzyszy szereg zabiegów związanych z przygotowaniem wsadu, obróbką mechaniczną, wykańczającą oraz konfekcjonowaniem. **Charakterystyce tych procesów, jako wywierających istotny wpływ na własności użytkowe osprzętu Autor poświęca szczególną uwagę, wskazując z dużą znajomością zagadnień praktycznych na krytyczne węzły technologiczne gięcia, wykrawania, technologii topienia i odlewania, kucia swobodnego i matrycowego. Zwraca uwagę na możliwość występowania wad w procesie odlewania oraz kucia a także na dobór odpowiednich narzędzi, szczególnie na matryce do kucia.**

W **rozdziale piątym** zawarte zostało zestawienie i omówienie zasadniczych wymagań dotyczących osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej o wysokiej obciążalności mechaniczno-prądowej. Osprzęt ten powinien się cechować odpowiednimi zespołami własności użytkowych, a szczególności:

- niską rezystancją przejścia,
- wysoką siłą wyślizgu,
- wysokimi własnościami wytrzymałościowymi,
- wysokimi własnościami elektrycznymi,
- wysoką odpornością cieplną,
- wysoką odpornością reologiczną,
- jak najmniejszą masą,

- wysoką odpornością korozyjną.

Na tym tle Autor precyzuje jeden z celów rozprawy, którym było: **opracowanie wymagań dla nowego, projektowanego osprzętu górnej sieci trakcyjnej, który mógłby być zastosowany do budowy wysoko obciążalnych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych oraz wykorzystany, jako zamiennik rozwiązań odlewanych z brązu BA1032 lub BK331.**

Własności użytkowe osprzętu zależą od gatunku i stanu umocnienia zastosowanego materiału oraz od jego geometrii i warunków montażu. Przyjęto stąd założenie, że **nowy osprzęt będzie miał wyższe właściwości niż osprzęt eksploatowany w Polsce przez ostatnie dziesięciolecie.** Aby to osiągnąć opracowane zostały wspólnie ze specjalistami Instytutu Kolejnictwa w Warszawie dodatkowe wymagania polegające na określeniu rezystancji przejścia oraz sił wyślizgu dla pięciu zasadniczych grup asortymentowych:

- Uchwyty, zaciski równoległe dla dwóch lin.
- Uchwyty, zaciski do połączeń równoległych lin z przewodem jezdnym.
- Złączki przewodu jezdnego.
- Uchwyt wieszakowy.
- Uchwyt odległościowy, uchwyt ramion odciągowych.

Rozdział szósty zawiera charakterystykę i **wyniki badań materiałów** na osprzęt nośno-przewodzący górnej kolejowej sieci trakcyjnej o wysokiej obciążalności mechanicznej i prądowej. Choć system zasilania taboru kolejowego przez górną sieć trakcyjną cechuje się znaczną złożonością jego funkcjonowania związaną głównie z mechanicznymi, elektrycznymi i trybologicznymi warunkami pracy, to nadrzędnym jego zadaniem jest dostarczanie energii elektrycznej ze stacji zasilania do elektrowozu. Stąd materiały uczestniczące w przewodzeniu prądu muszą się odznaczać odpowiednimi dla tego charakteru pracy właściwościami. W tym obszarze powszechne zastosowanie znalazła miedź *CuETP* oraz *CuOFC*, z której wytwarzane są elementy o elektrycznym charakterze pracy jak przewody jezdne, liny nośne, czasami zaciski.

Habilitant charakteryzuje wybrane grupy stopów miedzi oraz ich właściwości mechaniczne i elektryczne. Omawia metody ich umacniania oraz skutki tych metod. Wskazuje na korzyści łączenia przeróbki plastycznej z procesami przesycania i starzenia. Dla przejrzystości dzieli stopy w zależności od możliwości osiągnięcia właściwości mechanicznych i elektrycznych na trzy zasadnicze grupy.

Pierwszą grupę obejmują materiały o wysokiej konduktywności elektrycznej (powyżej 56 MS/m) i raczej niskich właściwościach mechanicznych. Tę grupę reprezentuje czysta miedź oraz wzbogacona niewielkimi dodatkami głównie srebra, cyrkonu lub magnezu odkształcana plastycznie na zimno.

Drugą grupę stanowią stopy średnio wytrzymałe o przedziale wytrzymałości na rozciąganie od 500 do 800 MPa i średnio przewodzące o konduktywności elektrycznej od 20 do 50 MS/m.

W trzeciej grupie zawarto stopy miedzi o znacznej ilości dodatków stopowych charakteryzujących się wysokimi właściwościami mechanicznymi oraz niską konduktywnością elektryczną.

Dla spełnienia sformułowanych wymagań, głównie związanych z odpowiednio niską rezystancją przejścia oraz należytą siłą wyślizgu projektowanego osprzętu Autor oparł się na drugiej grupie materiałowej bazującej na stopach miedzi z dodatkami chromu, cyrkonu, niklu i krzemu szczególnie, że od tych materiałów wymaga się wysokich właściwości reologicznych, cieplnych i antykorozyjnych.

Ta grupa stopów stanowiła przedmiot szerokiej analizy literaturowej w połączeniu z badaniami pilotażowymi mającymi na celu dobranie najbardziej korzystnego materiału do wytwarzania osprzętu do wysoko obciążanych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych, zasilanych w systemie napięcia stałego.

Dla udokumentowania takiego wyboru Autor w oparciu o dane literaturowe oraz dane katalogowe charakteryzuje najistotniejsze cechy stopów Cu-Zr, Cu-Cr-Zr, Cu-Ni oraz Cu-Ni-Si, zwracając szczególną uwagę na strukturę i właściwości użytkowe tych

stopów, jak też na ich cechy technologiczne. Możliwość osiągnięcia wysokiej wytrzymałości na rozciąganie około 800 MPa oraz konduktywności elektrycznej około 35 MS/m prowadzi Go do wyboru grupy stopów Cu-Ni-Si, jako najbardziej odpowiedniego materiału do wytwarzania nowego sprzętu do budowy wysoko obciążalnych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych.

Najczęściej spotykanymi stopami miedzi z niklem i krzemem są stopy CuNi1Si, CuNi2Si oraz CuNi3Si. Stopy te w zależności od zawartości składników stopowych niklu i krzemu różnią się między sobą w zakresie osiągania własności użytkowych. Stąd ze względów praktycznych Autor postanowił dokonać głębszej analizy tych materiałów w celu wytypowania jedynego stopu, najbardziej optymalnego z punktu widzenia określonych własności użytkowych. Idąc tą drogą swoją analizę rozpoczyna od analizy składu chemicznego tych trzech stopów. Wnikliwie rozpatruje rolę i skutki zawartości niklu i krzemu na strukturę i własności mechaniczne oraz elektryczne tych stopów. Podkreśla, iż dodatek niklu ze względu na całkowitą rozpuszczalność w miedzi w znaczący sposób poprawia jej wytrzymałość mechaniczną, ale to prowadzi do gwałtownego spadku konduktywności elektrycznej. Ten stan rzeczy ulega całkowitej zmianie jeśli do stopu Cu-Ni dodany zostanie krzem. Prowadzi to do powstania odrębnej fazy Ni₂Si, dzięki której można świadomie wpływać na strukturę tych stopów a przez to także na własności mechaniczne oraz konduktywność elektryczną.

Ze względu na brak wyczerpujących informacji odnośnie parametrów technologicznych związanych z procesem wytwarzania osprzętu z tego stopu oraz zapewnienia stabilnych własności użytkowych osprzętu w warunkach eksploatacyjnych podjęte zostały badania pilotażowe.

W badaniach tych Autor szukał odpowiedzi na pojawiające się intuicyjnie pytania badawcze dotyczące określenia wpływu procesu topienia, odlewania, przeróbki plastycznej na gorąco i zimno w tym w powiązaniu z procesami utwardzania wydzieleniowego obejmującego przesycanie i starzenie, jak też możliwości kształtowania zróżnicowanej geometrii osprzętu w procesach przeróbki plastycznej (wyciskanie profili, kucie matrycowe) względnie odlewanie kokilowe.

Do badań pilotażowych świadomie Habilitant użył pręty ze stopu CuNi_{2,25}Si_{0,55} o średnicy 20mm, które przeciągano na zimno do średnicy 2,0mm oraz krążki tego stopu o średnicy 15mm i grubości 8mm, które wygrzewano w temperaturze 900°C w atmosferze argonu przez 3 godziny a następnie studzono w wodzie. Przesycone próbki stopu starzono w temperaturze 450°C, 500°C i 550°C przez okres od 1 do 24 godzin, a następnie poddano badaniom wytrzymałości na rozciąganie, umownej granicy plastyczności, wydłużenia, twardości oraz konduktywności elektrycznej.

W oparciu o otrzymane wyniki badań Autor ustalił, że odkuwki po przesycaniu podlegać będą procesowi starzenia w temperaturze 500°C przez 5 godzin. Autor stwierdza, że zastosowanie takich parametrów obróbki cieplnej gwarantuje uzyskiwanie stabilnych i pożądaných własności wytrzymałości na rozciąganie na poziomie około 620 MPa, umownej granicy plastyczności na poziomie około 500 MPa, wydłużenia na poziomie 5,4%, twardości Rockwella HRB w zakresie od 86 do 88 oraz konduktywności elektrycznej na poziomie minimum 25 MS/m

Rozdział siódmy zawiera wyniki badań Autora nad konstrukcją nowego osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej o wysokiej obciążalności mechanicznej i prądowej. Po zatwierdzeniu wstępnych badań materiałowych stopu CuNi₂Si, kolejne zadanie, jakie stanęło przed Autorem było opracowanie nowej geometrii tego osprzętu. Konieczność ta wynikała zarówno z możliwości uzyskiwania korzystniejszych zespołów własności użytkowych dla wybranego stopu jak też przewidywanych zmian kształtu i masy. Proces projektowania elementów miał charakter kompleksowy obejmował opracowanie pierwszych geometrii, a następnie ich optymalizację do docelowych gabarytów i kształtów.

Technologię wytwarzania osprzętu Autor oparł o kucie matrycowe, którą objęto uchwyty do połączeń równoległych dwóch lin nośnych w trzech odmianach, zacisków do połączeń równoległych dwóch lin w dwóch odmianach, uchwytów lin uelastyczniającej w

dwóch odmianach, uchwytów połączeń równoległych liny z przewodem jezdny w dwóch odmianach, zacisku do połączeń równoległych liny z przewodem jezdny, uchwytu przegubowego do ramion odciągowych, uchwytu wieszakowego, uchwytu odległościowego oraz złączki przewodów jezdnych.

Przyjęte wstępnie kształty i rozmiary nowych rozwiązań Habilitant poddał symulacjom numerycznym dla sprawdzenia ich poprawności geometrycznej z punktu widzenia rozkładu naprężeń występujących w układach połączeń pod wpływem oddziaływania sił docisku szczęk osprzętu na elementy przewodzące. W tym celu zaimplementowano modele 3D do środowiska *Ansys Mechanical*. Każdy element osprzętu podlegał gruntownej analizie w różnych miejscach badanej konstrukcji, w obszarach zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych oraz w przekrojach poprzecznych o najwyższym wyężeniu.

Przeprowadzone badania jak dokumentuje Autor ujawniły, że we wszystkich elementach analizowanego osprzętu nie występowały naprężenia zbliżone do granicy plastyczności zadanego materiału. Najwyższe naprężenia występowały w obszarach środkowych części wypustów pod śruby uchwytów, zacisków i złączek, wypustów i zagłębień przegubowych, jak również w miejscach gwintów i wpustach w okolicy montażu przewodów jezdnych.

Konsekwentnie do otrzymanych wyników badań i analiz Autor monografii **rozdział ósmy** poświęca nowej technologii wytwarzania osprzętu. **Przeprowadzone dalsze badania dla zwiększonych poziomów sił docisku, symulujące przekroczenie wartości montażowych, nie spowodowały wzmożonego wzrostu naprężeń w szczękach osprzętu.** Obserwowane poziomy naprężeń dla geometrii ostatecznych w poszczególnym osprzęcie nie przekraczały wartości 400 MPa, czyli około 100 MPa poniżej granicy plastyczności stopu CuNi2Si. Wywołane w wyniku montażu siły w układzie jak stwierdza Habilitant nie będą powodować trwałych odkształceń elementów osprzętu dla zakładanych warunków eksploatacyjnych, a zamontowany układ pracował będzie wyłącznie w stanie sprężystym.

Szczególny wysiłek skierował Autor na badania zmierzające do opracowanie parametrów utwardzania wydzieleniowego odkuwek z tego stopu. Opracowane parametry technologiczne kucia matrycowego i przesycania jak również procesu utwardzania wydzieleniowego okazały się wspólne dla całego asortymentu osprzętu.

Doświadczalnie zweryfikowana technologia wytwarzania osprzętu pozwoliła przejść do ostatniej fazy badań procesowych a mianowicie do optymalizacji kosztów produkcji. Badania te ukierunkowane zostały na opracowanie korzystniejszej długości materiału wsadowego oraz na obróbkę końcową elementów osprzętu.

W **rozdziale dziewiątym** szczegółowo opisano metodykę oraz wyniki badań osprzętu nowego typu. Celem tych badań było określenie podstawowych cech materiałowych oraz ustalenie końcowych własności eksploatacyjnych osprzętu związanych z jego pracą w sieciach trakcyjnych. Badania te ukierunkowane zostały także na określenie wielkości siły wyślizgu elementów przewodzących prąd, rezystancji przejścia i nagrzewania prądami trakcyjnymi oraz relaksacji sił docisku jak też na współpracę osprzętu w układach połączeń sieci trakcyjnej w warunkach poligonowych.

W badaniach tych potwierdzone zostały znacznie korzystniejsze własności użytkowe stopu CuNi2Si w odniesieniu do tradycyjnie stosowanego stopu odlewniczego z brązu aluminiowego BA1032. Jak wynika z przeprowadzonych badań wykonany osprzęt z nowego stopu według nowej technologii w pełni spełniał stawiane wymagania pod względem sił wyślizgu elementów przewodzących. Cały asortyment osprzętu spełniał także wymagania pod kątem rezystancji przejścia.

Na podstawie tych badań uznano, że podczas eksploatacji osprzętu w warunkach rzeczywistych nie będzie następowało przegrzewanie połączeń. Dało to podstawę do wyrażenia pozytywnej opinii przez ekspertów z Instytutu Kolejnictwa o zadawalającej jakości opracowanych elementów osprzętu.

Dla określenia relaksacji sił docisku wykonano badania porównawcze osprzętu starego i nowego typu. Niezależnie od rodzaju analizowanych konstrukcji, osprzęt nowego typu cechował się znacząco wyższą odpornością reologiczną w stosunku do starych rozwiązań. Podobnie, w dokonanej analizie porównawczej własności mechaniczno-elektrycznych wykazano, że nowy, kuty osprzęt ze stopu CuNi2Si posiada ponad 2,8 razy wyższą granicę plastyczności, 7-krotnie wyższą konduktywność elektryczną oraz od 12 do 43% niższą masę w porównaniu do starych rozwiązań. Te cechy nowego osprzętu stanowiły podstawę do dalszych badań i testów w warunkach rzeczywistej eksploatacji w sieciach trakcyjnych.

Wytworzony i zbadany laboratoryjnie osprzęt ze stopu CuNi2Si został rozwieszony w rzeczywistej sieci trakcyjnej w linii kolejowej Warszawa – Berlin. Na podstawie przeprowadzonych badań oraz użytkowania w warunkach eksploatacji obserwowanej osprzęt ten został dopuszczony przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. do stosowania w sieciach trakcyjnych o wysokiej obciążalności mechaniczno-prądowej oraz jako zamiennik starych rozwiązań wykonywanych ze stopu BA1032 do sieci innych typów.

Jak dokumentuje Autor w **rozdziale dziesiątym** opracowana technologia wytwarzania osprzętu kolejowego oparta została na wielooperacyjnym kuciu matrycowym prętów ze stopu CuNi2Si, przesycaniu odkuwek oraz ich starzeniu, i chociaż ma wiele zalet związanych z wysoką jakością produktu końcowego okazała się zbyt kosztowna ze względu na stosowanie do produkcji drogiego wsadu uzyskiwanego w procesie wyciskania, dodatkowego przesycanego oraz poddawanego wielooperacyjnemu kuciu.

Przeprowadzona analiza kosztów wytwarzania nakładów finansowych na optymalizację technologii wytwarzania osprzętu wskazywała na potrzebę zastosowania tańszego wsadu otrzymywanego na drodze ciągłego odlewania prętów oraz przejścia na jednooperacyjny system kucia.

Wobec braku na rynku materiału wsadowego w takiej postaci krajowa firma *Kuca sp. z o.o.* podjęła decyzję o uruchomieniu technologii odlewania ciągłego prętów ze stopu CuNi2Si przeznaczonych do kucia matrycowego. Opracowana przez Autora nowa koncepcja okazała się uzasadnioną, jednakże wymagała badań nad opracowaniem technologii odlewania prętów ze stopu CuNi2Si w warunkach laboratoryjnych, a następnie jej transferu do warunków produkcyjnych. Podobnie, dodatkowych badań wymagało opracowanie procesu jednooperacyjnego kucia matrycowego.

W **rozdziale jedenastym** zawarte zostały podstawowe dane związane z wynikami badań nad technologią wytwarzania osprzętu metodą jednooperacyjnego kucia matrycowego wsadu z procesu ciągłego odlewania prętów. Wstępne badania wytwarzania stopu prowadzono w tyglu grafitowym dobierając starannie o wysokiej czystości pierwiastki stopowe w taki sposób, aby osiągnąć zawartość niklu na poziomie 2,5% oraz krzemu na poziomie 0,8% masowych, reszta miedź. Zadbano też o odpowiednie rozdrobnienie składników stopowych.

Na podstawie tych badań ustalono temperaturę topienia w zakresie od 1200 do 1250°C, zaś czas rozpuszczania niklu i krzemu w zakresie o 20 do 30 minut. Otrzymane odlewy tyglowe stygnące swobodnie do temperatury otoczenia poddano badaniom składu chemicznego, w których potwierdzono zgodność składu chemicznego z przyjętymi założeniami. Potwierdzono też skuteczność pokrycia lustra ciekłego metalu 30 mm warstwą rozdrobnionego grafitu. Wyniki tych prac dały podstawę do wykonania kolejnego etapu badań polegających na wytworzeniu prętów ze stopu CuNi2Si na posiadanej na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH laboratoryjnej linii do ciągłego odlewania. W ramach prac laboratoryjnych wykonano 16 prętów o średnicy 14 mm dla trzech grup o zmiennej zawartości niklu i krzemu, lecz mieszczących się w zakresie normatywnego składu chemicznego dla stopu CuNi2Si, a mianowicie:

- Ni 2% i Si 0,7% masowych
- Ni 1,7 i Si 0,65% masowych
- Ni 1,6 i Si 0,55% masowych

co wynikało z potrzeby określenia korzystniejszego składu chemicznego z punktu widzenia właściwości końcowych stopów (własności mechaniczne, przewodność elektryczna, twardość) oraz minimalizacji kosztów materiałowych i procesowych.

Wykonany zakres prac pozwolił na opracowanie całego zespołu parametrów technologicznych umożliwiających powtarzalne wytwarzanie prętów o żądanych właściwościach. Wykonane badania składu chemicznego, mikrostruktury prętów oraz ich własności mechanicznych oraz przewodności elektrycznej po odlewaniu oraz po różnych wariantach obróbki cieplnej (przesycanie i starzenie), w tym w zależności od zawartości niklu i krzemu stanęły u podstawy **opracowania założeń procesowych dla technologii przemysłowej**.

Dla tej technologii wybrano stop CuNi2Si wg PN-EN 12163:2011 o zawężonym składzie chemicznym w zakresie niklu do 1,7% mas, krzemu do 0,65% mas. pozostałe składniki i dopuszczalne zanieczyszczenia jak w w/w Normie. Linia ta w oparciu o opracowane wytyczne została zaprojektowana i wykonana dla firmy *Kuca sp. z o.o.* ze Stargardu Szczecińskiego oraz uruchomiona została produkcja prętów ze stopu CuNi2Si o zawężonym składzie chemicznym o średnicy w zakresie od 14 do 25 mm przeznaczonych do jednooperacyjnego kucia matrycowego.

Równoległe z podjętymi pracami nad odlewaniem ciągłym stopu CuNi2Si Autor przystąpił do prac mających na celu opracowanie technologii wytwarzania osprzętu z wykorzystaniem kucia jednooperacyjnego we współpracy z kuźnią *Inoforges* w Rydzynie. Zaprojektowane zostały matryce do kucia jednooperacyjnego osprzętu dla sześciu podstawowych uchwytów oraz dla złączki przewodów jezdných.

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy warunków technologicznych określone zostały podstawowe parametry jednooperacyjnego kucia matrycowego. Założono przy tym, że podczas kształtowania plastycznego zachodzić będzie przesycanie stopu, a sam proces realizowany będzie w sposób automatyczny przy użyciu manipulatora.

Dla tych warunków opracowano odpowiednie parametry wytwarzania, które weryfikowano i udoskonalano w trakcie badań jednooperacyjnego kucia matrycowego osprzętu ze wsadu ze stopu CuNi2Si uzyskiwanego w procesie odlewania ciągłego.

Otrzymane odkuwki zostały poddane badaniom utwardzania wydzieleniowego w celu doboru optymalnej temperatury i czasu starzenia. **Stwierdzono, że podczas jednooperacyjnego kucia matrycowego dochodzi do dostatecznego przechłodzenia stopu CuNi2Si, wystarczającego do jego przesycenia. Intensywne stygnięcie wtórne odkuwek w wodzie jest wystarczające, aby zachować ich wysoka podatność do procesu wydzielenia umacniających cząstek Ni₂Si w procesie starzenia. Wykonane badania strukturalne odkuwek osprzętu potwierdziły ich wysoką jakość oraz brak wad.** Odkuwki poddane procesowi starzenia podlegały dalszej obróbce mechanicznej i powierzchniowej.

W **rozdziale dwunastym** Autor stwierdza, że wytworzony osprzęt w procesie jednooperacyjnego kucia matrycowego **poddany badaniom końcowych własności użytkowych charakteryzował się osiągnięciem założonych cech mechanicznych i elektrycznych, odpowiadających elementom wytwarzanym metodą wielooperacyjnego kucia matrycowego z wsadu z prętów CuNi2Si otrzymanych na drodze procesu wyciskania. Podobnie pozostałe własności związane z rezystancją przejścia, siłą wyslizgu, nagrzewaniem, relaksacją naprężeń pozostały na tym samym poziomie.**

Osiągnięte rezultaty stały się argumentem do dopuszczenia osprzętu do stosowania w sieciach trakcyjnych i jest obecnie szeroko wykorzystywany w budowie i modernizacji krajowych szlaków kolejowych.

Podstawowe własności osprzętu uzyskiwanego w nowej technologii kucia wsadu CuNi2Si odlewane go w sposób ciągły oraz poddane go utwardzaniu wydzieleniowemu wynosiły:

R _m	od 640 do 660 MPa
R _{0,2}	od 520 do 540 MPa

A (wydłużenie)	od 11 do 12 %
HRB (twardość)	od 92 do 96
Konduktywność elektr.	25 MS/m

W **Rozdziale trzynastym** Autor zawarł syntetyczne podsumowanie osiągniętych wyników kompleksowych badań poświęconych unowocześnieniu osprzętu górnej kolejowej sieci trakcyjnej obejmując zagadnienia materiałowe, konstrukcyjne i technologiczne. Opracowany i wytwarzany według zoptymalizowanej technologii nowy typ osprzętu posiada wymagane własności użytkowe umożliwiające stosowanie go w nowego typu wysoko obciążalnych mechanicznie i prądowo sieciach trakcyjnych. Nowa geometria osprzętu oraz technologia jego wytwarzania uzyskała prawo ochronne własności intelektualnej i prawnej w formie świadectw patentowych i wzorów użytkowych.

Oceniając rozprawę habilitacyjną Pana dr inż. Pawła Kwaśniewskiego pragnę podkreślić, iż podjęcie badań w tym zakresie było i jest w pełni uzasadnione i „na czasie” ze względu na rozwój transportu szynowego wiążącego się ze zwiększeniem komfortu jazdy pasażerów, ciągłym skracaniem czasu przejazdu pociągów oraz zwiększaniem mas towarów przewożonych taborem kolejowym. Tej problematyce poświęcona jest przedstawiona monografia autorska obejmująca zagadnienia szeroko pojętej inżynierii materiałowej, gdzie główny wysiłek naukowo-badawczy został ukierunkowany na odpowiedni dobór materiału, technologii jego wytwarzania i przetwarzania, opracowanie geometrii i procesu wytwarzania nowego osprzętu oraz na kompleksowe badania w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych gwarantujące skuteczne wdrożenie do trakcji kolejowej opracowanych rozwiązań. Tak szeroka problematyka skazała Autora na interdyscyplinarne spojrzenie na badane zjawiska oraz umiejętną syntezę wyników badań.

Aby podolać temu wyzwaniu Autor rozprawy umiejętnie skojarzył posiadaną wiedzę, metodykę i praktykę. Takiemu podejściu sprzyjało jasne określenie celów badań oraz metod ich osiągnięcia. Dokumentuje to sposób organizacji i funkcjonowania Jego „warsztatu” badań naukowych w przyjętej strukturze treściowej rozwiązywanych zagadnień, umiejętnej prezentacji wyników badań własnych oraz analizy i syntezy wątków merytorycznych. Opracowana monografia stanowi interesujący obszar dociekań teoretycznych i eksperymentów badawczych potwierdzających oryginalność naukową Pana dr inż. Pawła Kwaśniewskiego i wnosi znaczący wkład do nauki. Szczególnego podkreślenia wymaga umiejętne i interdyscyplinarne powiązanie nauki z praktyką przemysłową, które zaowocowało efektywnym wdrożeniem do eksploatacji opracowanych materiałów, konstrukcji oraz technologii. Duże znaczenie miała wyjątkowa osobowość Autora, który umiejętnie łączył oczekiwania kadry pracowniczej różnych przedsiębiorstw z celami badawczymi. Był i jest niekwestionowanym liderem w wieloosobowych, interdyscyplinarnych zespołach naukowo-przemysłowych. Oceniana monografia napisana jest w sposób przejrzysty i zrozumiały a logiczny układ treści może być przydatny dla szerokiego grona różnej specjalności pracowników naukowych, kadry inżynierskiej przedsiębiorstw przemysłowych, jak też doktorantów i studentów o zbliżonych kierunkach studiów.

5. Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z całokształtem działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej stwierdzam, że Pan dr inż. Paweł Kwaśniewski posiada znaczący i oryginalny dorobek naukowo-badawczy. Charakteryzuje Go duża wiedza naukowa, jak też umiejętne jej przekazywanie oraz doświadczenie w prowadzeniu badań naukowych i przemysłowych. Podsumowując całokształt osiągnięć, a w szczególności przedstawioną monografię autorską stwierdzam, że Pan dr inż. Paweł Kwaśniewski spełnia wszystkie wymagania wynikające z:

- Ustawy z dnia 14.03.2003 o stopniach naukowym i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz.595, z późn.zm.)

- Rozporządzenia MNiSW z dnia 22.09.2011 (Dz. U. Nr 204, poz. 1200)
- Rozporządzenia MNiSW z dnia 1.09.2011 (Dz. U. Nr 196, poz. 1165)
- Notatki dotyczącej postępowania habilitacyjnego (nowego), Komunikat CK Nr 5/2011, Komunikat CK Nr 6/2011, Komunikat CK Nr 2/2012, Komunikat CK 3/2012.

W świetle powyższego popieram wniosek o nadanie Panu dr inż. Pawłowi Kwaśniewskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie *inżynieria materiałowa*.

Zbigniew Rdzawski