

AUTOREFERAT

dotyczący osiągnięć w pracy naukowo – badawczej,
organizacyjnej i dydaktycznej

1. Imię i nazwisko

Dr inż. Andrzej Zyska, Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, Katedra Odlewnictwa, ul. Armii Krajowej 19, 42 – 200 Częstochowa

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

Dyplom magistra inżyniera specjalność: inżynieria materiałowa	Politechnika Częstochowska, Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, Instytut Inżynierii Materiałowej praca magisterska: „ <i>Struktura warstwy wierzchniej stali 20H po obróbce fluidalno-laserowej</i> ” Promotor: dr inż. J. Jasiński Rok uzyskania: 1995
Dyplom ukończenia Studium Informatycznego z kwalifikacją informatyka	Szkoła Informatyki przy Politechnice Częstochowskiej Rok uzyskania 1995
Certyfikaty (4 stopnie) AutoCAD	Autoryzowane Centrum Szkoleniowe AutoCAD w Łodzi Rok uzyskania 1998
Dyplom doktora nauk technicznych specjalność: metalurgia	Politechnika Częstochowska, Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, Katedra Odlewnictwa praca doktorska: „ <i>Analiza cieplnych i fizykochemicznych procesów zachodzących podczas wytwarzania odlewów kompozytowych stop Al – cząstki SiC</i> ” Promotor: prof. dr hab. inż. J. Braszczyński Rok uzyskania: 2001

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.10.1995 – 01.06.2001	Politechnika Częstochowska, Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, Katedra Odlewnictwa, asystent.
01.06.2001 – do chwili obecnej	Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej, Katedra Odlewnictwa, adiunkt.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 16 ust.2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U nr 65, poz. 595

z zm.) stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego wskazuje się dzieło opublikowane w całości w postaci **monografii pt. „Modelowanie struktury dendrytycznej i krzepnięcia stopu dwuskładnikowego”**, autor: **Andrzej Zyska**, wydaną przez **Politechnikę Częstochowską, Częstochowa 2014, ISBN 978-83-63989-18-7**.

Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników przedstawionych w monografii

Krzepnięcie i krystalizacja metali i stopów obejmuje szereg zjawisk fizycznych, które w zasadniczy sposób wpływają na właściwości użytkowe odlewów. Szczególnie istotne są takie zjawiska jak przepływ ciepła, dyfuzja, ruch ciekłego metalu oraz przemiany fazowe. Kinetyka i mechanizm powyższych zjawisk kształtują strukturę odlewu, wpływają na makro i mikrosegregację dodatków stopowych, rozkład naprężeń, porowatość skurczową i pęknięcia na gorąco. Znaczenie i złożoność procesu przejścia stopu ze stanu ciekłego w stan stały powodują, że problematyka ta zajmuje kluczowe miejsce w modelowaniu numerycznym procesów odlewniczych, jak również, jest przedmiotem ciągłych badań eksperymentalnych i teoretycznych.

Obecnie dąży się do opracowywania tzw. modeli wieloskalowych, które na wzór modeli mikro-makro sprzęgają zjawiska mikroskopowe ze zjawiskami makroskopowymi. Na poziomie mikroskopowym modeluje się wzrost kryształów natomiast w skali makroskopowej wymianę ciepła. Sprzężenie pomiędzy dwoma skalami uzyskuje się poprzez odpowiednie funkcje interpolujące. Podstawową zaletą modeli wieloskalowych w stosunku do modeli mikro-makro jest możliwość generowania obrazów struktury tworzącej się podczas krzepnięcia. W wyniku obliczeń można prognozować zmianę wielkości ziaren dendrytycznych na grubości ścianki odlewu, szerokość stref dwufazowych i teksturę odlewu. Do opisu kinetyki zarodkowania i wzrostu ziaren stosuje się równania oparte na fundamentalnych prawach krystalizacji, a do generowania obrazów struktury zależności geometryczne określające zmianę obwiedni dendrytu w trakcie krzepnięcia. Aktualnie opracowane modele wieloskalowe nie uwzględniają jednak przebiegających w skali mikro zjawisk dyfuzyjnych i powierzchniowych, nie niosą informacji w zakresie mikrosegregacji składnika stopowego w fazie ciekłej i stałej i jej wpływu na przebieg krzepnięcia, a także nie pozwalają odtworzyć morfologii powstających struktur. Możliwości takie występują przy zastosowaniu mezomodeli opartych na technice automatu komórkowego, jednak, ze względu na skalę rozpatrywanego problemu - ruchu frontu krzepnięcia w komórkach automatu o rozmiarze rzędu 1 μm oraz jego złożony opis matematyczny, dotychczas nie opracowano sformułowań, które pozwoliłyby na sprzężenie zjawisk mikroskopowych z makroskopowym przebiegiem krzepnięcia. Zastosowanie podejścia analogicznego jak w modelach mikro-makro jest nieefektywne numerycznie nawet przy wykorzystaniu wieloprocesorowych platform obliczeniowych. Jednym z przybliżonych rozwiązań, które zaproponowano w rozprawie jest modelowanie krzepnięcia nierównowagowego całego odlewu

na podstawie obliczeń przeprowadzonych dla jego fragmentu. Krzepnięcie jest procesem niejednorodnym i w każdym punkcie odlewu przebiega z różną intensywnością, niemniej jednak mikromodelowanie wzrostu kryształów przy uśrednionej szybkości stygnięcia odlewu może być reprezentatywną miarą makroskopowego narastania fazy stałej w warunkach krzepnięcia z segregacją składnika w fazie ciekłej i stałej.

Mając na względzie powyższe ***głównym celem pracy było opracowanie teoretycznych i numerycznych modeli, które pozwolą prześledzić rozwój struktur dendrytycznych w skali mikroskopowej, a następnie zaadaptować wyniki mikromodelowania do opisu krzepnięcia w skali makroskopowej.***

Osiągnięcie zamierzonego celu pracy wymagało zrealizowania zadań szczegółowych:

- Opracowanie koncepcji i założeń do automatu komórkowego generującego sekwencje wzrostu struktur dendrytycznych;
- Opracowanie reguły wzrostu fazy stałej w komórkach interfejsu;
- Opracowanie modeli teoretycznych i numerycznych zjawisk cieplnych, dyfuzyjnych i powierzchniowych zachodzących w trakcie krzepnięcia;
- Opracowanie metody do redukcji sztucznej anizotropii wzrostu dendrytów;
- Opracowanie programu komputerowego do symulacji numerycznej krzepnięcia w skali mikro;
- Wykonanie symulacji numerycznych wzrostu swobodnego pojedynczego dendrytu oraz wzrostu wielu kryształów;
- Weryfikacja poprawności opracowanego modelu krzepnięcia dendrytycznego;
- Opracowanie makroskopowego modelu narastania fazy stałej w warunkach krzepnięcia z segregacją składnika w fazie ciekłej i stałej;
- Opracowanie metody wyznaczania parametrów stosowanych do adaptacji wyników mikromodelowania;
- Wykonanie symulacji numerycznych krzepnięcia nierównowagowego odlewu;
- Wykonanie badań krzepnięcia metodą ATD;
- Analiza porównawcza wyników symulacji komputerowej krzepnięcia z wynikami badań eksperymentalnych.

Do modelowania ewolucji kryształów dendrytycznych wykorzystano technikę automatu komórkowego, zakładając, że ruch frontu krzepnięcia odbywa się w warunkach równowagowych na granicy międzyfazowej z uwzględnieniem efektu Gibbsa-Thomsona. W koncepcji automatu, przyjęto że wzrost dendrytów kontrolowany jest przez szybkość odprowadzania składnika od frontu krzepnięcia na drodze dyfuzji. Opracowano własną metodykę obliczania przyrostów fazy stałej w komórkach interfejsu, która uwzględnia zmianę stężenia składnika w fazie stałej i ciekłej podczas

przejścia frontu krzepnięcia. Przyrosty fazy stałej obliczane są w oparciu o równanie bilansu masy i różnicę pomiędzy lokalnym chwilowym stężeniem równowagowym a lokalnym chwilowym składem chemicznym fazy ciekłej, przy czym stężenie równowagowe określone jest przez termodynamiczny związek między temperaturą likwidus i krzywizną frontu. Odprowadzanie składnika od frontu krzepnięcia opisano równaniem transportu masy z tzw. efektywnym współczynnikiem dyfuzji, który wyznaczany jest na podstawie konfiguracji komórek najbliższego otoczenia. Poprzez odpowiednie sformułowania uwzględniono sąsiedztwa homogeniczne i heterogeniczne. Oddziaływanie przechłodeń kapilarnych na migrację frontu krzepnięcia ujęto poprzez równanie Gibbsa-Thomsona. Rozwiązanie równania wymagało określenia anizotropii napięcia powierzchniowego oraz krzywizny granicy międzyfazowej w komórkach interfejsu. Kierunek normalny do frontu krzepnięcia wyznaczano stosując metodę środka masy bloku komórek o wymiarze 3×3 , natomiast krzywiznę frontu w oparciu o gradienty udziału fazy stałej.

Modelowanie wzrostu struktur dendrytycznych techniką automatu komórkowego z wykorzystaniem klasycznych reguł przechwytywania komórek do interfejsu wykazuje wadę w postaci efektu sztucznej anizotropii wzrostu dendrytów. Efekt ten zredukowano stosując własną metodę kontroli położenia frontu krzepnięcia. Położenie frontu ustalano w oparciu o wektory chwilowej długości wzrostu, natomiast przyłączenie komórki do interfejsu warunkowano stanem sąsiadów oraz dodatkową regułą przejścia. Opracowana metoda umożliwiła modelowanie naturalnej fizycznej anizotropii dendrytu z dowolnym kierunkiem wzrostu.

W celu obliczenia pola stężenia i pola temperatury na obszarze automatu komórkowego opracowano algorytm sprzężonego rozwiązywania układu równań różniczkowych schematem jawnym. Dla zadania cieplnego zastosowano metodę wielosiatkową. Na sieć główną automatu komórkowego nałożono sieć rzadką i określono sprzężenia zwrotne. Przyjęte podejście pozwoliło wyraźnie zwiększyć krok czasowy obliczeń, nie wpływając w sposób istotny na wyniki symulacji komputerowych. Ze względu na mikroskopowy obszar automatu komórkowego rozkład temperatury w domenie obliczeniowej jest praktycznie jednorodny. Dalsze skrócenie czasu modelowania osiągnięto poprzez zróżnicowanie kroku iteracji dla zadania cieplnego i równania dyfuzji.

Przy użyciu opracowanego algorytmu przeprowadzono symulacje numeryczne wzrostu swobodnego pojedynczego dendrytu oraz wzrostu wielu kryształów podczas krzepnięcia stopu AlMg5. W pierwszej kolejności oceniono skuteczność metody zastosowanej do redukcji sztucznej anizotropii i stwierdzono, że przy jej wykorzystaniu, na kwadratowej sieci automatu komórkowego można generować dowolny kierunek wzrostu gałęzi dendrytów. Następnie prześledzono sekwencje wzrostu pojedynczego dendrytu od chwili wprowadzenia *komórki zarodka* na obszar modelowy. Przeanalizowano zmiany w morfologii gałęzi pierwszo- i drugorzędowych w zależności od szybkości stygnięcia w zakresie od 5 K/s do 45 K/s. Na podstawie map pola stężenia oceniono wpływ stref dyfuzyjnych na rozwój struktur dendrytycznych oraz ujawniono przebieg segregacji składnika w fazie ciekłej i stałej w początkowym okresie krzepnięcia stopu. W ramach symulacji komputerowych

wzrostu wielu kryształów dokonano analizy wzajemnego oddziaływania dendrytów na ewolucję gałęzi pierwszo- i drugorzędowych oraz zamodelowano strukturę stopu AlMg5. Wyniki modelowania numerycznego wskazały, że kształty otrzymywanych dendrytów są silnie uzależnione od wzajemnego oddziaływania pól stężenia, kierunku wzrostu ramion pierwszo- i drugorzędowych oraz początkowego rozkładu *komórek zarodków* w domenie obliczeniowej. W ramach tych symulacji oceniono także rozwój segregacji składnika w fazie ciekłej i stałej dla całego procesu krzepnięcia oraz dokonano porównania pomiędzy zamodelowanym przebiegiem krzepnięcia a przebiegiem równowagowym i skrajnie nierównowagowym. Stwierdzono, że opracowany model numeryczny poprawnie opisuje rzeczywistą ewolucję struktury dendrytycznej w warunkach nierównowagowych oraz zapewnia otrzymanie poprawnych pod względem jakościowym wyników symulacji krzepnięcia.

W drugiej części pracy przedstawiono dwa modele makroskopowe opisujące krzepnięcie z segregacją składnika w fazie stałej oraz z segregacją w fazie ciekłej i stałej. W pierwszym modelu, przyjmując uproszczenie, że średnie stężenie składnika zmienia się liniowo w temperaturowym przedziale krzepnięcia, wyprowadzono równanie określające związek pomiędzy udziałem fazy stałej a temperaturą na froncie krzepnięcia. W równaniu tym segregację składnika ujęto poprzez nierównowagowy współczynnik rozdziału. Dobierając jego wartość można modelować krzywe krzepnięcia w granicach przebiegu równowagowego i nierównowagowego z segregacją bezdyfuzyjną. Zaprezentowana interpretacja wykresów fazowych uwzględniająca nierównowagowe linie solidus wraz z opracowanym równaniem może być wykorzystywany do uproszczonego opisu krzepnięcia odlewu.

Drugi model krzepnięcia opracowano wzorując się na założeniach *Mehla-Avrami-Johnsona-Kolmogorowa*. Cechą charakterystyczną tego modelu jest wyróżnienie w krzepnącym stopie dwóch obszarów fazy ciekłej z ostrą granicą rozdziału między nimi. W bezpośrednim kontakcie, wokół wzrastających dendrytów znajduje się faz ciekła wzbogacona w składnik stopowy, natomiast na zewnątrz obwiedni dendrytów, ciecz o stężeniu początkowym. Określając związki pomiędzy wyróżnionymi obszarami fazy ciekłej i fazą stałą oraz korzystając z różniczkowej formuły bilansu masy wyprowadzono równanie na szybkość wzrostu fazy stałej w trójfazowym modelu krzepnięcia nierównowagowego. W opracowanym modelu segregację składnika w fazie ciekłej opisuje wykładnik ω , natomiast segregację w fazie stałej wskaźnik β . Wielkości te wpływają na położenie temperatury początku i końca krzepnięcia oraz relacje pomiędzy udziałem wzbogaconej fazy ciekłej, udziałem cieczy o stężeniu początkowym i udziałem fazy stałej. Uzyskane równanie pozwala opisać kinetykę krzepnięcia nierównowagowego ujmując w sposób makroskopowy fizyczną naturę tego procesu. Poprzez ustalenie odpowiednich wartości ω i β można modelować dowolne przebiegi krzepnięcia nierównowagowego. W dalszej części monografii przedstawiono metodykę wyznaczania ω i β na bazie wyników mikromodelowania. Sporządzono wykres krzywej krzepnięcia w modelu trójfazowym i porównano go z przebiegiem krzepnięcia uzyskanym z modelowania techniką automatu komórkowego. Przyjęte założenia do modelu i zastosowane rozwiązania zapewniły dużą zgodność

kształtu krzywych, głównie w początkowym i końcowym okresie krzepnięcia. Stwierdzono, że opracowany model prawidłowo opisuje krzepnięcie nierównowagowe z segregacją składnika w fazie ciekłej oraz stałej, a konstrukcja modelu umożliwia wykorzystanie wyników mikromodelowania do opisu makroskopowego.

W ostatniej części pracy przedstawiono wyniki symulacji krzepnięcia odlewu płyty ze stopu AlMg5 w formie metalowej. Równanie energii rozwiązywano metodą zastępczej pojemności cieplnej, natomiast do opisu narastania fazy stałej zastosowano model równowagowy i trójfazowy. W modelowaniu numerycznym krzepnięcia nierównowagowego przyjęto uproszczenie, że segregacja składnika w całym odlewie kokilowym przebiega z jednakową intensywnością, a wielkości stosowane do jej określenia wyznaczane są na podstawie uśrednionej szybkości stygnięcia odlewu. Symulacje komputerowe wykonano w trzech etapach. W pierwszym przeprowadzono symulacje krzepnięcia równowagowego i obliczono średnią szybkość stygnięcia odlewu. Następnie zamodelowano strukturę odlewu przy wyznaczonej średniej szybkości stygnięcia oraz określono wykładnik ω i wskaźnik β . W ostatnim etapie wykonano symulację krzepnięcia nierównowagowego w oparciu o model trójfazowy. Na podstawie wyników obliczeń oceniono przebieg krzepnięcia odlewu płyty przy równowagowym i nierównowagowym wzroście fazy stałej. Ujawniono różnice w rozkładach fazy stałej dla początkowego i końcowego okresu krzepnięcia. Porównano czasy krzepnięcia poszczególnych części odlewu przy zastosowaniu obu modeli oraz określono zmiany temperatury początku i końca przemiany fazowej spowodowane segregacją składnika w fazie ciekłej i stałej. Następnie wykonano badania ATD i porównano rzeczywisty przebieg krzepnięcia z przebiegiem otrzymanym z symulacji opartej na modelu trójfazowym. Zamodelowana krzywa krzepnięcia wykazała bardzo dobre dopasowanie do rzeczywistej krzywej krzepnięcia. Otrzymano również dużą zgodność w zakresie czasów stygnięcia i krzepnięcia oraz położenia charakterystycznych temperatur przemiany fazowej. Na podstawie przeprowadzonych symulacji numerycznych oraz analiz sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski:

- Stosując metodę kontroli położenia frontu krzepnięcia wraz z wprowadzonymi regułami przechwytywania komórek fazy ciekłej do interfejsu można modelować naturalną fizyczną anizotropię dendrytów o dowolnym kierunku wzrostu.
- Opracowany model numeryczny uwzględniający kinetykę zjawisk dyfuzyjnych, cieplnych i powierzchniowych umożliwia poprzez zastosowanie techniki automatu komórkowego generowanie sekwencji wzrostu kryształów dendrytycznych i w efekcie końcowym prognozowanie struktury zakrzepłego odlewu wraz z oceną stopnia segregacji składnika stopowego.
- W zaproponowanym modelu trójfazowy krzepnięcia termokinetyczna formuła wzrostu fazy stałej poprawnie ujmuje zjawisko segregacji składnika stopowego i po zaadaptowaniu wyników mikromodelowania pozwala, z dużą dokładnością odtworzyć rzeczywisty przebieg krzepnięcia odlewu.

Zaprezentowane w pracy podejście do modelowania krzepnięcia odlewu jest odmienne w stosunku do dotychczas stosowanych. Funkcyjny opis narastania fazy stałej otrzymuje się w wyniku mezomodelowania struktury stopu. Opracowane modele mają charakter wieloskalowy a ich postać matematyczna stanowią **wkład naukowy** do rozwoju teorii z zakresu krzepnięcia i krystalizacji stopów metali. Modele te można zaimplementować do różnych kodów numerycznych tworząc dodatkowe lub alternatywne moduły do prognozowania struktury i krzepnięcia odlewów w obecnie stosowanych programach symulacyjnych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych, organizacyjnych i dydaktycznych

Na przestrzeni minionych lat moje zainteresowania naukowe koncentrowały się na zagadnieniach dotyczących: technologii, krzepnięcia i poprawy właściwości eksploatacyjnych stopów aluminium oraz kompozytów odlewanych na osnowie metali lekkich zbrojonych cząstkami i włóknami ceramicznymi

Pracę w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej na stanowisku asystenta rozpocząłem w 1995 roku. W pierwszych latach mojej działalności naukowo-badawczej zajmowałem się problematyką wytwarzania kompozytów na osnowie stopów Al zbrojonych cząstkami SiC. Opublikowałem 18 artykułów w krajowych i zagranicznych czasopismach i materiałach konferencyjnych (załącznik 3 poz. 1, 2, 8-10, 12-15, 116, 118-125). Najważniejsza publikacja z tego okresu *Analysis of influence of the ceramic particles on the solidification process of the metal matrix composites* wydana przez Materials Science and Engineering była efektem badań zrealizowanych w ramach projektu badawczego KBN nr 7 T08B 028 09 pt.: *Krystalizacja odlewanych kompozytów dyspersyjnych*, w którym uczestniczyłem jako wykonawca oraz wydziałowego projektu badawczego BW-17-202/98 pt.: *Krzepnięcie kompozytów stop Al-SiC_p*, którego byłem kierownikiem. W roku 1998 opublikowałem także 2 artykuły (załącznik 3 poz. 11 i 117) z zakresu obróbki powierzchniowej stali niskowęglowych. Materiałem źródłowym tych artykułów była moja praca magisterska pt.: *Struktura warstwy wierzchniej stali 20H po obróbce fluidalno-laserowej*. W tym czasie podejmowałem również prace i badania bezpośrednio związane z tematyką mojego doktoratu: *Analiza cieplnych i fizykochemicznych procesów zachodzących podczas wytwarzania odlewów kompozytowych stop Al – cząstki SiC*. Temat ten zgłosiłem do konkursu grantów promotorskich KBN i został zakwalifikowany (nr 7 T08B 005 16) do finansowania w roku 1999. W ramach projektu opracowałem technologię otrzymywania kompozytów na osnowie aluminium zbrojonych cząstkami ex situ. Zaprojektowałem i wykonałem stanowisko pneumatycznego dozowania cząstek ceramicznych do ciekłego metalu. Zaprezentowałem opis termodynamiki i kinetyki reakcji chemicznych zachodzących podczas

wytwarzania odlewów kompozytowych AlMg – SiC_p, przedstawiłem mechanizm degradacji cząstek SiC w bezkrzemowych stopach Al oraz dokonałem optymalizacji grubości powierzchniowych warstw tlenkowych stosowanych jako pokrycie ochronne węgla krzemu w korelacji z właściwościami kompozytów. Część z tych badań wykonałem podczas krótkoterminowego stażu naukowego w Katholieke Universiteit Leuven, Department of Metallurgy and Materials Engineering w 1999 roku. Efekty powyższych prac zostały opublikowane w 10 artykułach w lat 1999 – 2001 (załącznik 3 poz. 13-15, 22, 24, 30, 32, 125, 126, 128) i zaprezentowane w rozprawie doktorskiej, za którą otrzymałem nagrodę Rektora Politechniki Częstochowskiej. Ponadto, w latach 1999-2001 byłem głównym wykonawcą w projekcie badawczym KBN nr 7 T08B 005 17 pt.: *Odlewnicze stopy Mg umacniane cząstkami SiC – czynniki fizykochemiczne i technologiczne kształtujące strukturę i własności*. W tym obszarze badawczym byłem współautorem 6 (załącznik 3 poz. 3, 23, 33-35, 133) artykułów naukowych łącznie z pracą: *TEM analysis of the interfaces between the components in magnesium matrix composites reinforced with SiC particles* opublikowaną w roku 2003 w Materials Chemistry and Physics.

W roku 2001 odbyłem 6 miesięczny staż przemysłowy w Odlewni Ciśnieniowej *Odlewnictwo-Eksport-Import Wiesław Kulej* z zakresu wytwarzania odlewów ciśnieniowych oraz technologii kompozytów metalowych zbrojonych cząstkami ceramicznymi i zostałem zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej. W roku 2001 przystąpiłem również do kierowanego przez prof. dr hab. inż. Zbigniewa Konopkę zespołu naukowego zajmującego się problematyką materiałów kompozytowych i technologiami specjalnymi odlewania. Moja działalność naukowa w tym okresie dotyczyła zagadnień związanych z technologią odlewania ciśnieniowego i prasowania bezpośredniego kompozytów metalowych zbrojonych włóknami ceramicznymi. Jako wykonawca uczestniczyłem w projekcie badawczym KBN nr 7 T08B 008 20 pt.: *Odlewane pod ciśnieniem stopy AlSi zbrojone krótkimi włóknami niemetalicznymi - czynniki strukturalne a właściwości mechaniczne* oraz jako kierownik realizowałem projekt badawczy finansowany w ramach konkursu wydziałowego nr BW-17-203/2001: *Opis procesu rozpuszczania warstwy Ni podczas mieszania suspensji kompozytowej stop AlSi - krótkie włókna grafitowe*. W rezultacie wykonanych badań i analiz opublikowałem 14 artykułów (załącznik 3 poz. 7, 40, 41, 44, 46, 48, 49, 51, 55, 65, 74, 89, 90, 127), które zostały wygłoszone na międzynarodowych konferencjach naukowych.

W roku 2002 zacząłem poszerzać swoje zainteresowania naukowe o zagadnienia z zakresu metod wytwarzania i odlewania kompozytów zbrojonych cząstkami *in situ*. Przez dwa lata kierowałem wydziałowym projektem badawczym BW-206-202/2003 pt.: *Czynniki fizykochemiczne procesu in situ wpływające na umocnienie odlewniczego kompozytu aluminiowego cząstkami (AlB₂+Al₂O₃), (TiB₂+Al₂O₃), (CrB₂+Al₂O₃)*. W latach 2002-2004 podejmowałem również prace badawcze w zakresie optymalizacji właściwości użytkowych odlewniczych stopów magnezu biorąc udział jako wykonawca w projekcie KBN nr 7 T08B 002 22 pt.: *Możliwości kształtowania struktury i własności odlewanych*

stopów magnezu na drodze zmian składu chemicznego, procesów obróbki cieplnej oraz deformacji plastycznej.

W kolejnych latach moje zainteresowania naukowe skupiły się w obszarze technologii prasowania w stanie ciekłym stopów aluminium. Prowadzone od 2005 roku prace z zakresu kinetyki krzepnięcia w warunkach oddziaływania ciśnienia zewnętrznego, wpływu parametrów prasowania na właściwości mechaniczne, strukturę i porowatość odlewów ze stopów AlCu, AlZn, AlMg i AlSi opublikowałem w czasopiśmie Archives of Foundry Engineering, Hutnik – Wiadomości Hutnicze, Technológ, Jemná Mechanika a Optika, Archives of Metallurgy and Materials, w 2 rozdziałach monografii Metalurgia 2009 i 2010 wydawnictwa WIPMiFS Politechniki Częstochowskiej oraz w recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowych „Nowe technologie i osiągnięcia w metalurgii i inżynierii materiałowej” (załącznik 3 poz. 6, 17, 20, 28, 29, 67, 72, 87, 104, 108, 136, 137). Część z tych prac zrealizowałem w ramach kierowanego przeze mnie projektu badawczego BW-206-207/2006 pt.: *Krzepnięcie i właściwości mechaniczne stopu AlCu4 prasowanego w stanie ciekłym*. Równolegle prowadziłem badania nad poprawą właściwości eksploatacyjnych wybranych stopów Al i Zn na drodze modyfikacji i obróbki cieplnej (załącznik 3 poz. 38, 50, 58, 59, 81, 88, 93, 104, 106, 108). Ponadto, w latach 2005-2011 uczestniczyłem jako wykonawca w projekcie badawczym zamawianym PBZ-KBN-114/TO8/2004 pt. *Nowoczesne tworzywa i procesy technologiczne w odlewnictwie – Opracowanie technologii odlewania grawitacyjnego, ciśnieniowego wyrobów z kompozytów Al-cząsteczki* oraz w badaniach statutowych BS-206-301/2007 pt.: *Poprawa własności tworzyw odlewniczych w wyniku fizykochemicznego oddziaływania na proces krystalizacji - Badanie krystalizacji i krzepnięcia odlewów z obcymi fazami*. Projekty te jak również inne problemy badawcze realizowałem wspólnie z zespołem naukowym pod kierownictwem prof. Zbigniewa Konopki. Aktywność naukowa naszej grupy została wyróżniona nagrodami Rektora Politechniki Częstochowskiej. W latach 2004-2011 otrzymałem 6 nagród zespołowych za cykl publikacji z zakresu wytwarzania i badania nowoczesnych tworzyw odlewniczych. W tematyce tej, oprócz już wymienionych prac, opublikowałem 48 artykułów w renomowanych czasopiśmie krajowych i zagranicznych, 3 rozdziały w monografiach i 4 referaty w materiałach konferencji międzynarodowych.

W roku 2010 przystąpiłem jako wykonawca do realizacji trzyletniego projektu rozwojowego NR 15 0041 10 pt.: *Opracowanie nowej serii stopów magnezu dla zastosowań w przemyśle motoryzacyjnym*. Jednocześnie, kontynuowałem prace na temat: *Wpływu ciśnienia na krystalizację, strukturę i właściwości odlewów*, objęte badaniami statutowymi BS/PB- 206-301/2012. W roku 2013 zająłem się badaniami aplikacyjnymi w ramach projektu celowego PC-206-501/2013 pt.: *Uruchomienie produkcji odlewów w technologii ciśnieniowego odlewania z zastosowaniem podciśnienia w formie* oraz umowy BZ-206-1/2013 pt.: *Sposoby tworzenia się cementytu wtórnego w żeliwie*. Prace te wykonywane były we współpracy lub dla potrzeb zakładów przemysłowych. Podczas ich realizacji współpracowałem z firmami: Odlewnictwo Eksport Import Wiesław Kulej i Brembo

Poland Sp. z o.o. W ramach współpracy z przemysłem w minionych latach wykonywałem, także ekspertyzy i prace zlecone dla Yawal SA, Kronospan Szczecinek oraz ProLab Koszalin.

Moja działalność dydaktyczna w zakresie komputerowego projektowania procesów odlewniczych jak również zainteresowania naukowe dotyczące krzepnięcia i krystalizacji skłoniły mnie do opracowania matematycznych i numerycznych modeli tych zjawisk, ich implementacji i weryfikacji eksperymentalnej. Od roku 2011 problematyka ta stanowi kluczowe miejsce w mojej pracy naukowo-badawczej, a jej efektem jest opublikowana monografia habilitacyjna.

Mój dorobek naukowy obejmuje autorstwo i współautorstwo 138 prac naukowych, w tym 20 prac opublikowałem przed doktoratem w latach 1997-2000, a 118 po uzyskaniu stopnia doktora (od roku 2001). Łącznie **109** artykułów zostało opublikowanych w recenzowanych czasopismach zagranicznych i krajowych, z czego **7** w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej, dla których indeks Hirscha wynosi **2**, a sumaryczna liczba cytowań – **38** (wg bazy *Web of Science*). W bazie *Google Scholar* znajduje się **94** moich publikacji naukowych z indeksem Hirscha **5** i całkowitą liczbą cytowań **164**. Sumaryczne zestawienie opublikowanego dorobku naukowo-badawczego przedstawiono w poniższych tabelach

Wykaz publikacji zamieszczonych w czasopismach z listy filadelfijskiej wraz z punktacją MNiSW

<i>Czasopismo</i>	<i>Rok publikacji</i>	<i>Impact Factor (zgodnie z rokiem opublikowania)</i>	Aktualna punktacja MNiSW
Revue de Metallurgie (Metallurgical Research & Technology)	1997	0.155	15
Materials Science and Engineering A	2000	0.897	35
Materials Chemistry and Physics	2003	1.183	35
Archives of Metallurgy and Materials	2007	0.184	20
Archives of Metallurgy and Materials	2010	0.262	20
Archives of Metallurgy and Materials	2010	0.262	20
Archives of Metallurgy and Materials	2013	0.431*	20
Razem		3,374	165

* - impact factor za rok 2012

Wykaz publikacji naukowych zamieszczonych w czasopismach krajowych i międzynarodowych wraz z punktacją MNiSW (wg załącznika B do komunikatu MNiSW z dn. 17.12.2013)

L.p.	Czasopismo	Aktualna punktacja MNiSW	Liczba publikacji	Liczba punktów
1	Krzepnięcie Metali i Stopów	9	6	603
	Archiwum Odlewnictwa		22	
	Archives of Foundry Engineering		39	
2	Hutnik – Wiadomości Hutnicze	6	7	42
3	Inżynieria Materiałowa	7	1	7
4	Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji	5	9	45
5	Kompozyty	8	10	80
6	Technológ	–	3	–
7	Acta Metallurgica Slovaca	–	4	–
8	Jemná Mechanika a Optika	–	1	–
Razem			102	777

Nagrody

Za działalność naukowo-badawczą oraz organizacyjną zostałem wyróżniony **10 nagrodami**, które zestawiono poniżej:

Przed doktoratem

- 1997** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za szczególne osiągnięcia organizacyjne – Zorganizowanie ogólnopolskiej konferencji ArtCast’96 „Odlewy artystyczne – sztuka i technika”
- 1998** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za szczególne osiągnięcia organizacyjne – Zorganizowanie konferencji pt. „Kompozyty 97”
- 1999** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za szczególne osiągnięcia naukowo-badawcze – Za osiągnięcia naukowe z zakresie kompozytów odlewanych

Po doktoracie

- 2002** – Indywidualna Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za szczególne osiągnięcia naukowo-badawcze – Za pracę doktorską pt.: „*Analiza cieplnych i fizykochemicznych procesów zachodzących podczas wytwarzania odlewów kompozytowych stop Al – cząstki SiC*”

- 2004** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za cykl publikacji z zakresu technologii i badania właściwości kompozytów metalowych.
- 2005** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za cykl publikacji z zakresu wytwarzania i badania nowoczesnych tworzyw odlewniczych, w tym głównie kompozytów metalowych i wysokojakościowego żeliwa sferoidalnego.
- 2008** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za osiągnięcia naukowe
- 2009** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za osiągnięcia naukowe udokumentowane cyklem publikacji z zakresu wytwarzania i badania nowoczesnych tworzyw odlewniczych metalowych i ceramicznych.
- 2010** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za cykl publikacji z zakresu wytwarzania i badania nowoczesnych tworzyw odlewniczych metalowych i ceramicznych.
- 2011** – Zespołowa Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej za cykl publikacji z zakresu wytwarzania i badania nowoczesnych tworzyw odlewniczych metalowych i ceramicznych.

OSIĄGNIĘCIA W PRACY DYDAKTYCZNO – WYCHOWAWCZEJ

Jestem zatrudniony na stanowisku naukowo-dydaktycznym w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej od 1995 roku. Od tego czasu, będąc na stanowisku asystenta, a następnie jako adiunkt, realizowałem wszystkie formy zajęć dydaktycznych na studiach dziennych i zaocznych. Pracuję w pełnym wymiarze pensum godzinowego.

Prowadziłem, bądź aktualnie prowadzę zajęcia laboratoryjne, projekty, ćwiczenia i wykłady z następujących przedmiotów:

I. Wykłady:

- Odlewnictwo Stopów Metali Nieżelaznych,
- Technologie Odlewnicze,
- Odlewanie Polimerów,
- Obróbka Ciepła Odlewów,
- Podstawy Odlewnictwa,
- Komputerowe Projektowanie Technologii Odlewniczych,
- Komputerowe Wspomaganie Technologii Odlewniczych,
- Kompozyty Metalowe,
- Komputerowe Wspomaganie Prac Inżynierskich,
- Planowanie Doświadczeń,

II. Ćwiczenia, projekty, seminaria, zajęcia laboratoryjne:

- Grafika Inżynierska i Podstawy Projektowania,
- Komputerowe Projektowanie Technologii Odlewniczych,
- Odlewnictwo Stopów Metali Nieżelaznych,

- Obróbka Ciepła Odlewów,
- Metody Numeryczne,
- Planowanie Doświadczeń,
- Produkcja Odlewnicza,
- Podstawy Odlewnictwa,
- Komputerowe Wspomaganie Technologii Odlewniczych,
- Kompozyty Metalowe,
- Komputerowe Wspomaganie Prac Inżynierskich,
- Technologie Odlewnicze.

III. Byłem promotorem **78** i recenzentem **80** prac magisterskich i inżynierskich (na studiach dziennych i zaocznych).

IV. Pięciokrotnie byłem opiekunem studenckich praktyk zawodowych.

V. Wielokrotnie należałem do komitetu naukowego Międzynarodowych Sesji Studenckich organizowanych przez Wydział Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej Politechniki Częstochowskiej w ramach cyklicznej Konferencji Naukowej *Nowe technologie i osiągnięcia w metalurgii i inżynierii materiałowej*.

DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA

I. Członkostwo w organizacjach i towarzystwach naukowych.

1. W latach 1997–2008 byłem członkiem Polskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych (PTMK).
2. Od roku 2000 jestem członkiem Stowarzyszenia Technicznego Odlewników Polskich (STOP).
3. Od roku 2003 jestem prezesem Oddziału Częstochowskiego Stowarzyszenia Technicznego Odlewników Polskich (STOP).
4. Od roku 2003 jestem przedstawicielem STOP-u w Częstochowskim Oddziale Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT.
5. Od roku 2007 jestem członkiem Komisji Odlewnictwa PAN oddział Katowice.

II. Członkostwo w komitetach organizacyjnych imprez naukowych

1. W latach 1997-2004 należałem do komitetu organizacyjnego corocznej Konferencji Naukowej „Kompozyty – Teoria i praktyka”
2. W roku 1996 należałem do komitetu organizacyjnego ogólnopolskiej konferencji ArtCast’96 „Odlewy artystyczne – sztuka i technika”.
3. W latach 2006, 2009, 2012 i 2014 byłem prowadzącym sesje tematyczne na XXX, XXXIII, XXXVI i XXXVIII Międzynarodowej Studenckiej Sesji Naukowej organizowanej przez Politechnikę Częstochowską w ramach Konferencji *„Nowe technologie i osiągnięcia w metalurgii i inżynierii materiałowej*.

Zestawienie dorobku naukowo-badawczego habilitanta

	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Razem
Publikacje naukowe			
Monografie	---	1	1
Artykuły w czasopismach znajdujących się w bazie <i>Journal Citation Report</i>	2	5	7
Rozdziały w książkach (monografiach)	---	6	6
Artykuły w recenzowanych czasopismach krajowych i zagranicznych	8	94	102
Publikacje w recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowych i zagranicznych	6	12	18
Publikacje w recenzowanych materiałach konferencji krajowych	4	---	4
Sumaryczna liczba punktów wg kryterium MNiSW	942		
Całkowity <i>impact factor</i> publikacji naukowych	1,052	2,322	3,374
Indeks Hirsha wg bazy ISI Web of Science/ <i>Google Scholar</i>	2/5		
Cytowania opublikowanych artykułów wg bazy ISI Web of Science/ <i>Google Scholar</i>	38/164		
Projekty badawcze			
Udział w realizacji projektów badawczych, finansowanych przez MNiSW	3	3	6
Udział w realizacji projektów badawczych, finansowanych przez NCBiR	---	1	1
Udział w realizacji projektów badawczych, finansowanych przez FSNT NOT	---	1	1
Projekty badawcze w ramach badań własnych i działalności statutowej PCz	1	5	6
Nagrody i wyróżnienia	3	7	10
Promotorstwo/recenzje prac magisterskich i inżynierskich	---	78/80	78/80

