

AUTOREFERAT

przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych
w szczególności określonych w art. 16 ust.2 ustawy
w formie papierowej
w języku polskim

Dr inż. Tomasz MERDER
Katedra Metalurgii Ekstrakcyjnej i Ochrony Środowiska
Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii
Politechnika Śląska

Spis treści

1. Imię i nazwisko:	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego 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 (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.)	4
5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze	15
5.1. Działalność prowadzona przed doktoratem	15
5.2. Działalność prowadzona po doktoracie	16
6. Działalność dydaktyczna	27
7. Działalność organizacyjna	29
8. Osiągnięcia zgodnie z wymogami Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (dz. U. Nr 196, poz. 1165)	31

1. Imię i nazwisko: Tomasz MERDER**2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe**

2007 – doktor nauk technicznych w dyscyplinie Metalurgia, specjalność: Inżynieria Procesów Stalowniczych, Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Procesowej Materiałowej i Fizyki Stosowanej

Temat rozprawy doktorskiej: „Analiza przepływu ciekłej stali w kadzi pośredniej urządzenia COS”;

Promotor: dr hab. inż. Andrzej Bogusławski, prof. P.Cz. - Politechnika Częstochowska;

Recenzenci: dr hab. inż. Jerzy Siwka, prof. P.Cz. - Politechnika Częstochowska;
dr hab. inż. Zdzisław Kudliński, prof. P.Śl. – Politechnika Śląska;

2001 - magister inżynier o specjalności Metalurgia, specjalizacja Informatyka w procesach produkcyjnych, Politechnika Częstochowska, Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej

2005 - dyplom ukończenia Studium Pedagogiczne dla Nauczycieli Akademickich, Politechnika Częstochowska, Międzywydziałowe Studium Kształcenia i Doskonalenia Nauczycieli

1995 - Liceum Zawodowe - Zespół Szkół Elektroniczno-Mechanicznych w Częstochowie, specjalność elektromechanika urządzeń przemysłowych

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2001 – 2007 - Politechnika Częstochowska; Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej (obecnie Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów) Katedra Ekstrakcji i Recykulacji Metali; praca na stanowisku Asystenta;

2007 – 2008 - Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Katedra Metalurgii, Specjalista, stanowisko inżyniersko – techniczne;

2008 – do chwili obecnej - Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Instytut Technologii Metali (obecnie Katedra Metalurgii Ekstrakcyjnej i Ochrony Środowiska), praca na stanowisku Adiunkta;

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego 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 (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.)

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

„Modelowanie numeryczne i fizyczne rozkładu wtrąceń niemetalicznych podczas przepływu ciekłej stali przez kadź pośrednią urządzenia COS”

Gliwice 2018, s. 174

ISBN 978-83-7880-506-9,

Recenzenci wydawniczy:

prof. dr hab. inż. Włodzimierz DERDA

prof. dr hab. inż. Dariusz KOPYCIŃSKI

Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników przedstawionych w monografii

Współczesne technologie stalownicze, w tym proces ciągłego odlewania stali (COS) zaliczany jest do grupy technologii progresywnych. Pomimo stosowania w tym procesie wysokiego poziomu techniki jest on ciągle rozwijany i modernizowany.

Zasadniczym elementem konstrukcyjnym każdego urządzenia COS jest kadź pośrednia. Dostarcza ona ciekłą stal z kadzi głównej do krystalizatora, w którym rozpoczyna się proces krzepnięcia. Jest to jej funkcja pierwotna. Współczesna kadź pośrednia to także samodzielny agregat metalurgiczny do prowadzenia aktywnych zabiegów ostatecznej obróbki stali – regulacji jej składu chemicznego i temperatury oraz minimalizacji ilości wtrąceń niemetalicznych (WN).

Żadna współczesna technologia metalurgiczna nie pozwala na produkowanie stali pozbawionej WN. Możliwe jest jedynie ograniczanie ilości nadkrytycznych i krytycznych wymiarowo wtrąceń niemetalicznych występujących w stali, niekorzystnie wpływających na proces COS oraz przeróbki plastycznej, a w konsekwencji na właściwości użytkowe gotowych wyrobów. Tłumaczy to szczególnie wnikliwe zainteresowanie wtrąceniami niemetalicznymi i podejmowane w wielu ośrodkach badania możliwości usuwania ich podczas wytwarzania stali.

Rozwój współczesnych technologii stalowniczych w istotny sposób wspomagany jest wynikami badań naukowych realizowanych przy wykorzystaniu zaawansowanych technik komputerowych, jak i specjalistycznych laboratoryjnych stanowisk badawczych. Identyfikacja

i opis zjawisk przebiegających w ciekłych metalach, często w warunkach turbulentnych, stwarza szereg problemów, między innymi dlatego, że są to fazy nieprzezroczyste. W takich przypadkach zastosowanie w badaniach metod symulacji numerycznych (CFD - *Computational Fluid Dynamics*) z wykorzystaniem komercyjnych programów komputerowych, jak i modeli fizycznych urządzeń zbudowanych z zachowaniem kryteriów podobieństwa stanowią istotne współczesne narzędzie badawcze procesów metalurgicznych.

Na podstawie doświadczenia zdobytego w trakcie realizacji prac naukowo-badawczych i projektów naukowych oraz analizy literatury mogę stwierdzić, że prowadzone dotychczas badania modelowe (fizyczne i numeryczne), dotyczące wtrąceń niemetalicznych w ciekłej stali, koncentrują się na usuwaniu cząstek stałych z cieczy. Jest to zagadnienie bardzo ważne ze względu na duże wymagania rynku stali o bardzo wysokiej czystości metalurgicznej. Badania te koncentrują się jednak w głównej mierze na granicach (brzegach) układu, analizując co dzieje się z wtrąceniami niemetalicznymi np. na powierzchni cieczy (w rzeczywistości na granicy międzyfazowej ciekła stal - żużel), na ścianach obiektu (wyłożenie ogniotrwałe) oraz na wyjściu z układu (np. wylewy w kadzi pośredniej). W przypadku stosowanych w kadzi pośredniej regulatorów przepływu, istotnie zmieniających charakter przepływu ciekłej stali, badania dotyczące usuwania WN skupiają się w zasadzie jedynie na warunkach zewnętrznych, obejmując wtrącenia: wpływające, wypływające oraz pozostające w układzie. Brak natomiast pogłębionych badań dotyczących istoty przemieszczania się cząstek stałych (ich dystrybucji) w ciekłym metalu, co ma także znaczący wpływ na efekt końcowy procesu, którym jest usunięcie wtrąceń niemetalicznych (cząstek stałych).

Istotnym powodem podjęcia badań dystrybucji wtrąceń niemetalicznych podczas przepływu ciekłej stali przez kadź pośrednią było również doświadczenie zdobyte przy realizacji projektu badawczego NCN nr: 2013/09/B/ST8/00143, pt.: „Badania eksperymentalne i analiza numeryczna dystrybucji i separacji mikrocząstek stałych w reaktorze przepływowym”. Podczas realizacji projektu omawiana tematyka wzbudziła moje szczególne zainteresowanie.

Mając powyższe na uwadze, badania omówione w monografii, stanowiące moje osiągnięcie naukowe, miały na celu weryfikację następującej tezy:

Wielkość cząstek stałych (WN) ma zasadniczy wpływ na charakter ich ruchu w cieczy (ciekłej stali) przepływającej przez reaktor przepływowy (kadź pośrednią). Wynikająca z tego różnorodność trajektorii ruchu cząstek stałych (WN) powoduje ich zróżnicowany rozkład (dystrybucję) w przestrzeni roboczej reaktora (kadzi pośredniej). Otrzymana i zweryfikowana informacja na temat dystrybucji cząstek stałych w przestrzeni roboczej modelu kadzi pośredniej jest cenną podstawą do poprawy intensywności usuwania wtrąceń niemetalicznych z ciekłej stali podczas jej przepływu przez kadź pośrednią w warunkach przemysłowych.

Jako cel naukowy osiągnięcia o charakterze poznawczym jak i utylitarnym przyjąłem: **Obserwację i analizę, a także opis procesu rozkładu (dystrybucji) mikrocząstek stałych w całej objętości modelu wodnego kadzi pośredniej, w oparciu o wyniki eksperymentu w warunkach ciągłego przepływu cieczy od wlewu do wylewów z reaktora, z użyciem metody modelowania fizycznego a także matematycznego, wraz z numeryczną techniką CFD.**

W monografii opisałem wyniki moich kilkuletnich badań, dotyczących poznania i opisu zachowania się WN na etapie przepływu ciekłej stali w przemysłowej kadzi pośredniej urządzenia COS. Badania te obejmowały symulacje CFD rozkładu (dystrybucji) mikrocząstek w cieczy modelowej przy zastosowaniu różnych metod numerycznych i modeli. Wyniki tych symulacji poddałem weryfikacji wykorzystując model fizyczny kadzi pośredniej COS zbudowany zgodnie z zasadami teorii podobieństwa.

Osiągnięcie omawianego celu pracy wymagało przyjęcia szerokiego programu badań. Jego realizacja wymagała, opanowania zaawansowanych technik badawczych z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury pomiarowej, a także technik obliczeniowych z wykorzystaniem programów komercyjnych. Natomiast charakter realizowanych badań wymagał starannego opracowania metodyki zarówno w celu identyfikacji dystrybucji mikrocząstek w cieczy modelowej przepływającej przez model kadzi pośredniej jak i określenia charakteru przepływu cieczy modelowej w przestrzeni roboczej kadzi z uwzględnieniem sposobu jej mieszania.

Laboratoryjne badania modelowe przeprowadziłem na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej z wykorzystaniem wodnego modelu urządzenia COS. Model ten zaprojektowany i zbudowany przeze mnie, zgodnie z kryteriami podobieństwa do obiektu rzeczywistego, ma strukturę segmentową. Oznacza to, iż jego poszczególne elementy konstrukcyjne przynależą do segmentów głównych i pomocniczych, które gwarantują spełnienie założonych cech funkcjonalności stanowiska badawczego. Wszystkie wyznaczone kryteria podobieństwa spełnione są w segmencie głównym. Pozostałe segmenty pełnią rolę elementów wspomagających, które umożliwiają spełnienie koniecznych warunków w segmencie głównym. W moim przypadku był to model korytowej, dwuwylewowej kadzi pośredniej, zbudowany w skali liniowej pomniejszającej 1:4. Zgodnie z kryterium podobieństwa medium zastępującym ciekłą stal była woda, która w temperaturze 20⁰ C posiada taką samą lepkość kinematyczną jak ciekła stal w temperaturze odlewania. Badania na modelu wodnym wykonałem spełniając kryterium podobieństwa Froude'a, które utrzymuje podobieństwo pomiędzy siłami bezwładności i grawitacji, występującym w modelu fizycznym i w rzeczywistym agregacie metalurgicznym. Opierając się na tym kryterium, wyznaczyłem skalę prędkości, czasu oraz natężenia przepływu dla cieczy modelowej (wody). Wymienione parametry wykorzystałem do ustalenia podobieństwa kinematycznego przepływu w badanej kadzi pośredniej.

Przed przystąpieniem do badań zasadniczych wykonano badania metalograficzne (w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN) w celu ujawnienia morfologii WN w wybranych gatunkach stali. Istotnym wnioskiem z tych badań było to, że współczynnik kształtu dla zidentyfikowanych w tych badaniach wtrąceń jest bliski jedności. Pozwoliło to na założenie, że zastosowanie w badaniach modelowych mikrocząstek sferycznych nie jest nadmiernym uproszczeniem, uniemożliwiającym ujawnienie istoty badanego zjawiska. W celu prawidłowego doboru mikrocząstek do badań laboratoryjnych, przeprowadziłem analizę kryteriów podobieństwa (uwzględniając podobieństwo dynamiczne i kinematyczne przepływu oraz wzajemne oddziaływanie pomiędzy ciałem stałym i cieczą) ruchu wtrącenia niemetalicznego w przepływającej przez kadź pośrednią ciekłej stali do przepływu mikrocząstek modelowych w modelu wodnym kadzi. Na podstawie przeprowadzonej analizy (kryterium podobieństwa Froude'a i Stokesa) stwierdziłem, że istnieje kilka możliwości wyznaczenia wybranych parametrów (gęstości i wielkości) mikrocząstek modelujących zachowanie WN w rzeczywistym układzie. Z powyższych rozważań wynika, że można zastosować cząstki różnego rodzaju, pamiętając, że podczas analizy przenoszenia wyników badań na warunki rzeczywiste należy zastosować odpowiednie przeliczenia.

W badaniach własnych, mających na celu opis dynamicznych zachowań WN w procesie przepływu, zastosowano czternaście frakcji mikrocząstek, wykonanych z wydrążonego szkła (*hollow glass bubbles*), o wielkości od 10 do 140 μm . Spełniają one postulaty podobieństwa, stosunek gęstości właściwej mikrocząstek do gęstości właściwej wody wynosi 0,1202. Odbijają one światło laserowe i charakteryzują się współczynnikiem kształtu bliskim jedności.

Badania eksperymentalne, przeprowadzone z wykorzystaniem modelu wodnego, pozwoliły na identyfikację charakteru przepływu i mieszania cieczy modelowej oraz analizę – powodowanego tym przepływem i mieszaniem – rozkładu mikrocząstek w cieczy modelowej. W celu analizy jakościowej (wizualizacyjnej) charakteru przepływu i mieszania cieczy w modelu fizycznym zastosowałem znacznik w postaci związku chemicznego KMnO_4 . Natomiast do analiz ilościowej i wydajnościowej wyznaczyłem charakterystyki RTD typu F i E, stosując znacznik w postaci chlorku sodu. Do pomiaru zmiany przewodności elektrycznej pod wpływem znacznika, zastosowałem konduktometrię typu GCT20K, umożliwiające pomiar w cieczy modelowej w ciągłym ruchu.

Badania z użyciem mikrocząstek, stanowiących fazę stałą rozproszoną w wodzie, dały możliwość wyznaczenia rozkładu mikrocząstek w cieczy w zależności od ich wielkości i czasu pobytu w przestrzeni roboczej modelu. Do analizy jakościowej wykorzystałem technikę wizualizacji, co wymagało, aby model kadzi oświetlać wiązką światła lasera, która utworzy płaszczyznę pomiarową (tzw. nóż świetlny). Natomiast badania z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury badawczej, laserowego licznika mikrocząstek „Abakus® mobil fluid”, pozwoliły na identyfikację przemieszczania się mikrocząstek w cieczy modelowej wraz z wyznaczeniem krzywych dystrybucji tych cząstek.

Równoległe z badaniami eksperymentalnymi prowadziłem wielowariantowe symulacje numeryczne, uzupełnione o odpowiednie procedury użytkownika, przy zastosowaniu różnych metod obliczeniowych opisu:

- turbulencji, metodą równań RANS (model turbulencji $k-\varepsilon$) i metodą LES (metoda wielkich wirów) – metody te różnią się podejściem do rozwiązywania turbulentnych równań Naviera-Stokesa,
- przepływu dwufazowego modelami: DPM, Eulera-Eulera i VOF (wykorzystującymi różne metody opisu oddziaływania faz podczas przepływu dwufazowego, w tym Eulera-Lagrange'a i Eulera-Eulera).

Przed wykonaniem zasadniczych symulacji CFD przeprowadziłem szereg obliczeń testowych pozwalających na poprawne zdefiniowanie analizowanego zagadnienia pod kątem poprawności rozwiązania numerycznego.

Właściwe badania numeryczne pozwoliły na trójwymiarową identyfikację charakteru przepływu wody, a w szczególności: wyznaczenie wektorowych pól i map prędkości przemieszczanie znacznika w wodzie oraz wyznaczenie charakterystyk RTD typu F i E. Ponadto symulacje numeryczne umożliwiły identyfikację dystrybucji (rozkładu) mikrocząstek (wtrąceń niemetalicznych w ciekłej stali) w cieczy modelowej w postaci:

- map konturowych prędkości cieczy dla mieszaniny (woda-mikrocząstki),
- map konturowych dystrybucji mikrocząstek w zależności od ich wielkości,
- krzywych dystrybucji tych cząstek w wybranych punktach przestrzeni roboczej modelu kadzi pośredniej.

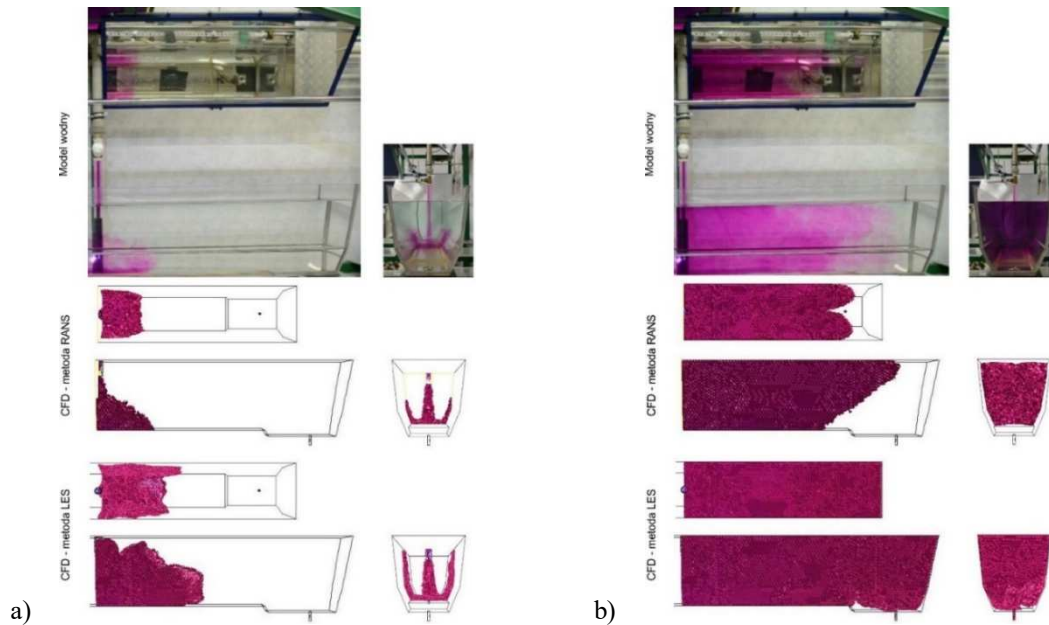
Do analizy porównawczej, jako miarę dokładności symulacji CFD, przyjąłem wielkości odchyień wyników obliczeń numerycznych od wyników osiągniętych w pomiarach bezpośrednich z użyciem modelu wodnego.

Pierwszy etap walidacji dotyczył identyfikacji trójwymiarowego turbulentnego charakteru przepływu cieczy w przestrzeni badanej kadzi pośredniej. Porównania dokonywano w dwóch aspektach: jakościowym i ilościowym. Do porównania jakościowego posłużyły wyniki wizualizacji mieszania w modelu reaktora (przykładowe wyniki badań przedstawia rys. 1). Natomiast do walidacji ilościowej posłużyły charakterystyki RTD (przykładowe wyniki badań przedstawia rys. 2).

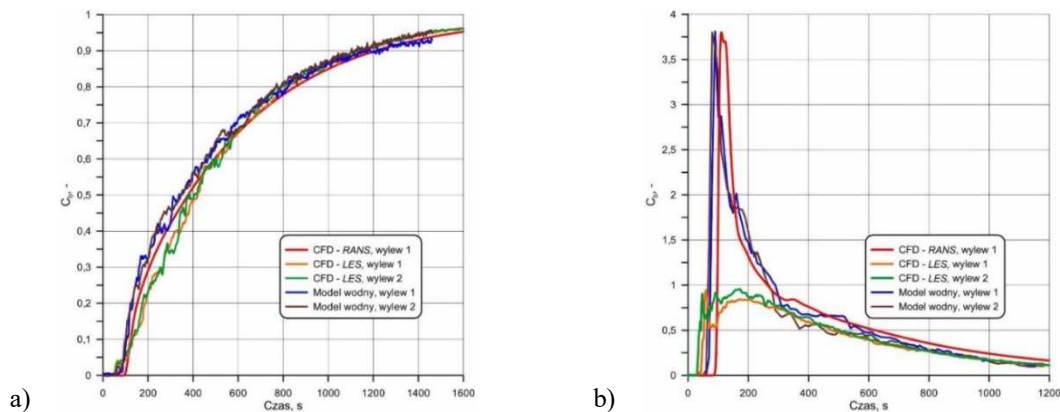
W toku analizy porównawczej wyników identyfikujących trójwymiarowy turbulentny charakter przepływu cieczy w przestrzeni badanej kadzi pośredniej – wykazano, że na uzyskiwane rezultaty znaczący wpływ ma odpowiedni wybór modelu turbulencji.

Jakościowe i ilościowe porównanie wyników badań uzyskanych z obu technik badawczych wykazało, że bliższe wynikom pomiarów eksperymentalnych były wyniki symulacji CFD z wykorzystaniem metody RANS. Na tej podstawie stwierdzono, że symulacje CFD z użyciem modelu turbulencji $k-\varepsilon$, pozwalają na zidentyfikowanie charakteru przepływu cieczy, a także

określenie objętości stref przepływu w badanej kadzi pośredniej przy możliwym, dopuszczalnym błędzie, obciążającym takie oznaczenie, nieprzekraczającym 11 %.



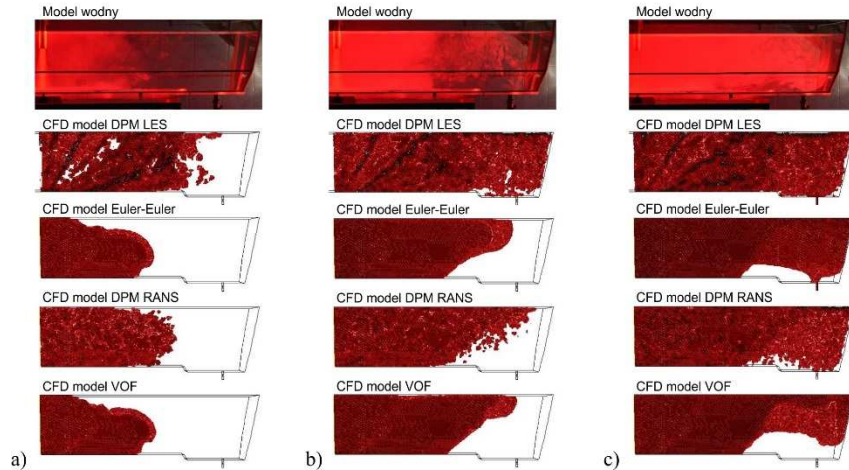
Rys. 1. Porównanie rozkładu znacznika KMnO_4 w kadzi pośredniej dla czasu t : a) 5 sekund, b) 50 sekund



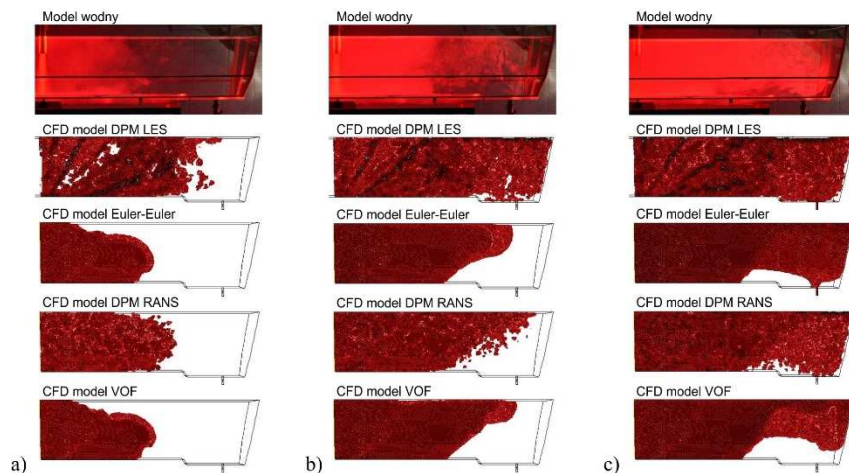
Rys. 2. Zestawienie charakterystyk RTD uzyskanych w eksperymencie na modelu wodnym i symulacji CFD: a) typu F, b) typu E

Numerycznie wyznaczone charakterystyki RTD dla obu metod opisu przepływu turbulentnego wykazują słabe odwzorowanie charakterystyk RTD typu E dla obliczeń z wykorzystaniem metody LES. Istotne różnice widoczne są na przebiegu krzywej przedstawionej na rys. 2b oraz przy porównaniu czasu dotarcia znacznika do wylewu, który dla metody LES wynosi 32 sekundy, a dla metody RANS – 86 sekund, przy eksperymentalnej wartości czasu wynoszącej – 85 sekund. Potwierdzają to również obliczone wartości stosunku udziału przepływu idealnego mieszania do udziału przepływu martwego f_{im}/f_m oraz wartość stosunku udziału przepływu tłokowego do udziału przepływu martwego f_t/f_m . Otrzymane wartości z obliczeń metodą LES ($f_{im}/f_m = 1,38$; $f_t/f_m = 0,52$) znacznie odbiegają od tych wyznaczonych metodą RANS ($f_{im}/f_m = 7,20$; $f_t/f_m = 1,80$), które z kolei były bliskie wartościom eksperymentalnym ($f_{im}/f_m = 7,24$; $f_t/f_m = 1,47$).

Drugi etap walidacji dotyczył identyfikacji ruchu i dystrybucji mikrocząstek w cieczy przepływającej przez model kadzi pośredniej. Porównania jak w etapie pierwszym dokonałem w dwóch aspektach: jakościowym i ilościowym. Do analizy porównawczej wybrałem cztery frakcje ziarnowe mikrocząstek: 20, 50, 100 i 140 μm . W porównaniu jakościowym wykorzystałem wyniki wizualizacji rozkładu przestrzennego mikrocząstek w przestrzeni roboczej kadzi pośredniej (przykładowe wyniki badań pokazują rys. 3 i 4).



Rys. 3. Wizualizacja dystrybucji mikrocząstek frakcji 20 μm w modelu reaktora dla czasu: a) 25, b) 60, c) 120 sekund



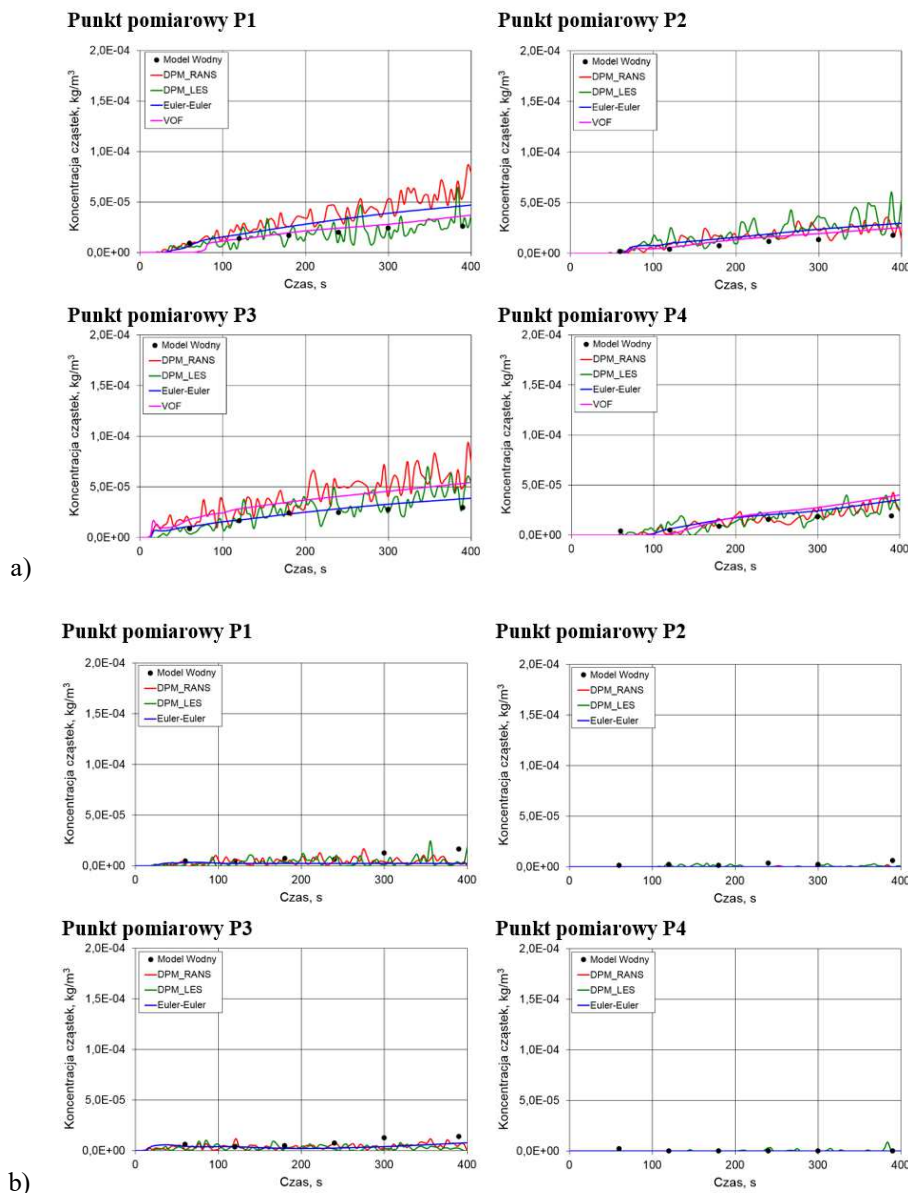
Rys. 4. Wizualizacja dystrybucji mikrocząstek frakcji 140 μm w modelu reaktora dla czasu: a) 25, b) 60, c) 120 sekund

Wyniki przeprowadzonych symulacji numerycznych już na wstępnym etapie wykazały, że charakter dystrybucji mikrocząstek dla modeli Euler-Euler oraz VOF istotnie się różni od dwóch pozostałych wariantów obliczeniowych (modeli DPM_LES i DPM_RANS). Problemy z uzyskaniem zbieżności rozwiązania przy stosowaniu modelu VOF dla mikrocząstek $> 20 \mu\text{m}$ sprawiły, że nie był on uwzględniany w dalszej analizie.

Analizując dystrybucję mikrocząstek w cieczy przepływającej przez kadź pośrednią, z punktu widzenia zgodności użytych w obliczeniach numerycznych modeli, można wskazać

bardzo dużą zgodność pomiarów eksperymentalnych z wynikami obliczeń wykonanych przy użyciu modelu DPM_RANS. Zgodność obserwuje się dla wszystkich analizowanych wielkości mikrocząstek, dla frontu przepływu i toru ich ruchu.

Do walidacji ilościowej posłużyły krzywe dystrybucji mikrocząstek (przykładowe wyniki badań przedstawiono na rys. 5). Porównano wyniki symulacji numerycznych – obejmujących masową koncentrację mikrocząstek – z analogicznymi danymi eksperymentalnymi uzyskanymi z wykorzystaniem laserowego licznika cząstek. Pomiarzy te przeprowadziłem w czterech punktach pomiarowych przestrzeni roboczej modelu wodnego. Punkty pomiarowe przynależały do płaszczyzny wzdłużnej modelu, przechodzącej przez wlew oraz wylewy.



Rys. 5. Koncentracja cząstek w punktach pomiarowych w funkcji czasu (krzywe dystrybucji mikrocząstek):
a) frakcji 20 μm ; b) frakcji 100 μm

Wyniki uzyskane z symulacji CFD oraz z pomiarów laboratoryjnych wykazują zróżnicowaną dystrybucję mikrocząstek w cieczy przepływającej przez badany reaktor.

Mikrocząstki o małych średnicach (20 μm) najszybciej docierają do wylewu, lokując się w dolnej strefie kadzi pośredniej. Mikrocząstki o wielkości 50 μm płyną w zasadzie całą dostępną przestrzenią roboczą, lecz wolniej. Znaczący wzrost średnic mikrocząstek ($\geq 100 \mu\text{m}$) powoduje ich wypływanie w kierunku powierzchni swobodnej – lustra cieczy. Zróżnicowany charakter przepływu mikrocząstek, jest zmienny, zależy zarówno od wielkości mikrocząstek, jak i położenia punktu pomiarowego.

Proces mieszania cieczy w strefie wlewu ma istotny wpływ na rozkład wielkości i koncentrację mikrocząstek z punktu widzenia ich wielkości. Wpływ jest tym większy im większa jest prędkość cieczy w tej strefie. Duża turbulencja przepływu sprzyja wynoszeniu mikrocząstek (zwłaszcza o małych rozmiarach $\leq 20 \mu\text{m}$), w kierunku powierzchni lustra cieczy. W warunkach technologicznych może ona intensyfikować procesy koagulacji i koalescencji WN. Szczególnie ważne jest to dla małych wtrąceń niemetalicznych – sprzyjając procesowi koagulacyjnego ich wzrostu. Dla wtrąceń o dużych rozmiarach może dodatkowo przyspieszać ich wypływanie na skutek działania sił wyporu.

Podsumowując, analiza porównawcza dystrybucji mikrocząstek – rozkładów i lokalnych koncentracji mikrocząstek – wykazała, że najlepiej proces ten opisuje metoda Eulera-Lagrange'a (model DPM). Pozostałe modele oparte na metodzie opisu Euler-Euler (szczególnie model VOF) wykazują zbyt duże rozbieżności otrzymanych wyników oraz problemy z uzyskaniem zbieżności rozwiązania.

Przedstawione w pracy wyniki własnych pomiarów laboratoryjnych i symulacji numerycznych wskazują na to, że badania dystrybucji mikrocząstek przepływających w cieczy należy zawsze rozpatrywać łącznie z analizą struktury przepływu cieczy w badanym reaktorze. Znając pole przepływu cieczy, można, przez obliczenia symulacyjne z zastosowaniem odpowiedniego modelu matematycznego, określić ruch oraz lokalne koncentracje mikrocząstek przepływających w cieczy w przestrzeni badanego reaktora. Przepływ ciekłej stali najlepiej odwzorowuje metoda RANS (model k- ϵ), natomiast oddziaływania pomiędzy WN a ciekłą stalą model DPM.

Uzyskane i zweryfikowane wyniki badań własnych, pochodzące z badań modelowych (fizycznych i numerycznych) dostarczają szeregu cennych informacji o pracy przemysłowej kadzi pośredniej pod względem jej poprawnego funkcjonowania odnosząc się do podstawowych zadań, które powinna ona spełniać jako reaktor metalurgiczny. W ramach kompleksowej analizy stwierdziłem, że kadź pośrednia nie zapewnia w dostatecznym stopniu przebiegu rafinacji ciekłej stali z WN. Cechuje ją m.in. bardzo mały udział przepływu tłokowego. Jest to niekorzystne z punktu widzenia warunków hydrodynamicznych przepływu ciekłej stali, a w konsekwencji dystrybucji małych WN i skuteczności ich usuwania. Dlatego celowa byłaby zmiana geometrii kadzi pośredniej lub zabudowa jej przestrzeni roboczej, co spowodowałoby korzystniejsze warunki przepływu stali oraz poprawiło możliwość jej rafinacji z WN, bez pogorszenia innych parametrów technologicznych. Bazując na istniejącej geometrii

kadzi pośredniej, która jest niezmienna, optymalizację konstrukcji kadzi najkorzystniej – z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia – byłoby przeprowadzić przez zastosowanie urządzenia modyfikującego przepływ ciekłej stali wewnątrz jej przestrzeni roboczej. Ze względu na to, że kadź pośrednia cechuje się stosunkowo dużymi odległościami od wlewu do wylewów usytuowanych w rejonie ścian bocznych, najkorzystniejszym rozwiązaniem jej zabudowy jest zastosowanie zestawu dwóch par jazów i tam. Tak skonfigurowana para modyfikatorów (jaz-tama) utworzy ograniczoną przestrzeń, pełniącą funkcję realnego regulatora przepływu, którego zadaniem będzie optymalne ukierunkowanie przepływu strumienia ciekłej stali. Taki stan powinien wpłynąć na wyraźne rozdzielenie strefy wlewowej od wylewowej (korytowej), co w konsekwencji będzie skutkowało poprawą procesu homogenizacji ciekłej stali, zarówno pod względem chemicznym, jak i temperaturowym. Takie rozwiązanie skutkuje również zwiększeniem udziału przepływu tłokowego, oraz sprzyja zderzeniom i wzrostowi małych WN, a w konsekwencji umożliwia ich wypływanie (usuwanie) do powierzchni międzyfazowej ciekła stal - żużel.

Otrzymane wyniki badań dystrybucji cząstek stałych w modelu kadzi pośredniej stały się również podstawą do sformułowania wytycznych dla modelu matematycznego opisującego przepływ ciekłej stali oraz dystrybucję WN w przemysłowej kadzi pośredniej.

Należy nadmienić, że przeprowadzone przeze mnie i opisane w monografii badania eksperymentalne z zastosowaniem nowoczesnych technik badawczych (w tym laserowego licznika mikrocząstek), dotyczące procesu dystrybucji mikrocząstek stałych w całej objętości modelu wodnego kadzi są pionierskimi badaniami z tego obszaru prowadzonymi w kraju.

Istotny, autorski wkład wyników własnych badań, zamieszczonych w rozprawie habilitacyjnej, w rozwój dyscypliny naukowej Metalurgia dotyczy opracowania charakterystyk dystrybucji wtrąceń niemetalicznych podczas przepływu ciekłej stali, w wybranych punktach przestrzeni roboczej kadzi pośredniej, uzyskanych na drodze modelowania numerycznego i fizycznego. Charakterystyki zostały zweryfikowane z wykorzystaniem oryginalnego stanowiska badawczego tj. modelu fizycznego urządzenia COS wyposażonego w nowoczesną aparaturę pomiarową (w tym laserowy licznik mikrocząstek), która w takim zestawieniu nie była dotychczas stosowana.

Za istotną składową tego osiągnięcia uznaję przeprowadzenie eksperymentalnych, laboratoryjnych badań z wykorzystaniem w/w modelu, dotyczących dystrybucji mikrocząstek stałych w układzie woda – mikrocząstki stałe w całej przestrzeni roboczej kadzi pośredniej (co odwzorowuje układ rzeczywisty ciekła stal – wtrącenia niemetaliczne). Opracowana metodyka procesu dystrybucji cząstek stałych jest nowatorskim osiągnięciem na skalę światową.

Osiągnięcie jako całość stanowi unikalny dorobek badawczy, który wnosi istotny wkład do istniejącego stanu wiedzy w zakresie roli kadzi pośredniej maszyny COS, jako aktywnego reaktora metalurgicznego w szeroko rozumianym procesie rafinacji ciekłej

stali. Uzyskane i zweryfikowane wyniki wzbogacają wciąż niewielką wiedzę na temat dystrybucji wtrąceń niemetalicznych w reaktorach przemysłowych.

Utylitarną korzyścią wynikającą z opisanego osiągnięcia, jest opracowanie narzędzi badawczych (fizycznych i numerycznych) umożliwiających ocenę nowo projektowanych lub modernizowanych agregatów metalurgicznych, w tym kadzi pośrednich, w sposób technologicznie uzasadniony i ekonomicznie opłacalny. Może ono wpłynąć na poszerzenie obszaru stosowania metod numerycznych CFD w procesie projektowym, a co się z tym wiąże, umożliwić powstawanie innowacyjnych rozwiązań konstrukcji i zabudowy przestrzeni roboczych kadzi pośrednich, pod kątem poprawy czystości stali wskutek zmniejszenia ilości wtrąceń niemetalicznych w gotowym wyrobie.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

5.1. Działalność prowadzona przed doktoratem

W roku 1995 ukończyłem Liceum Zawodowe w Zespole Szkół Elektroniczno-Mechanicznych im. Bolesława Prusa w Częstochowie, o specjalności elektromechanika urządzeń przemysłowych. W roku 1996 rozpocząłem studia na ówczesnym Wydziale Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej. Studia ukończyłem w 2001 roku uzyskując tytuł mgr inżyniera metalurga w zakresie informatyka w procesach produkcyjnych. Prace magisterską pt. „Modelowanie numeryczne warunków odlewania w kadzi pośredniej” w Katedrze Ekstrakcji i Recykulacji Metali zrealizowałem pod kierunkiem profesora Jana Jowsy.

W październiku 2001 roku podjąłem pracę na stanowisku asystenta w Katedrze Ekstrakcji i Recykulacji Metali Politechniki Częstochowskiej i rozpocząłem studia doktoranckie na macierzystym Wydziale (po przekształceniu Wydział Inżynierii Procesowej Materiałowej i Fizyki Stosowanej Politechniki Częstochowskiej).

Podczas studiów doktoranckich brałem aktywny udział w badaniach i pracach Katedry. Wchodziłem w skład zespołów badawczych prac realizowanych w Katedrze:

- BW-2-204-202/2002/P pt. „*Modelowanie matematyczne przepływu ciekłej stali w kadzi pośredniej COS*”,
- BS-2-204-301/2005/P pt. „*Badania w zakresie termodynamiki i kinetyki procesów rafinacji, redukcji i recykulacji pierwiastków w stopach żelaza przy zastosowaniu modelowania matematycznego i fizycznego*”.

Byłem także **wykonawcą** wybranych zadań badawczych w projektach celowych zakończonych wdrożeniami:

- nr 7T08 244 2000C/5093 dla Huty „Zawiercie” S.A., pt. „*Uruchomienie produkcji nowego asortymentu prętów okrągłych gładkich, z uźebrowaniem śrubowym, kwadratowych, sześciokątnych, płaskich oraz kształtowych a także walcówki spełniających wymagania odbiorców i EN*”, realizowanego w latach 2000 – 2003,
- nr PC-201-502/2003/R pt. „*Optymalizacja technologii wytapiania stali w łukowym piecu elektrycznym i ciągłego odlewania stali oraz uruchomienie produkcji nowych asortymentów wyrobów długich*”, realizacja 2003 – 2006.

W latach 2004 – 2006 byłem **głównym wykonawcą** grantu promotorskiego **KBN 3T08B 019 29** „*Numeryczne modelowanie przepływu ciekłej stali w kadzi pośredniej COS z weryfikacją na modelu wodnym i obiekcie przemysłowym*”. Wyniki badań przeprowadzonych w ramach tego projektu stanowiły podstawę rozprawy doktorskiej „*Analiza przepływu ciekłej stali w kadzi pośredniej urządzenia COS*”, której publiczna obrona odbyła się w dniu 06.03.2007 r. Głównym celem pracy było opracowanie skutecznego narzędzia w postaci metod symulacji numerycznej do badań zjawisk towarzyszących przepływowi ciekłej stali

w przemysłowej kadzi pośredniej urządzenia COS, prowadzącego do optymalizacji wewnętrznej przestrzeni roboczej.

W tych badaniach szczególną uwagę poświęciłem analizie zjawisk towarzyszących wymianie ciepła i masy podczas przepływu ciekłej stali w kadzi pośredniej. Wymienione wyżej prace (praca doktorska, projekty celowe) dotyczyły kadzi pośredniej urządzenia przemysłowego pracującego w Hucie CMC Zawiercie. Ich efektem było zaprojektowanie i wdrożenie urządzeń sterowania przepływem (przegrody z otworem przelewowym). Istotę projektu ujawniły wyniki symulacji numerycznych, konsekwentnie weryfikowane badaniami eksperymentalnymi przeprowadzonymi w hucie. Uzyskano potwierdzony, pozytywny wpływ zaprojektowanych urządzeń sterowania przepływem na warunki odlewania stali. Realizując te prace badawcze, opracowałem i opanowałem skuteczną metodykę badawczą (połączenie badań numerycznych z eksperymentalnymi badaniami przemysłowymi) w celu ujawnienia cech przepływowych eksploatowanych obiektów przemysłowych (kadzi pośredniej urządzenia COS).

Problematyką związaną z optymalizacją mieszania ciekłej stali i usuwania wtrąceń niemetalicznych w pozapiecowych procesach metalurgii stali zajmowałem się będąc głównym wykonawcą projektu nr 3 T08 B 006 26 pt. „*Optymalizacja mieszania kąpieli i usuwania wtrąceń niemetalicznych w pozapiecowych procesach metalurgii stali*”. Realizowane przeze mnie w projekcie badania dotyczyły opracowania wytycznych do optymalizacji warunków procesów pozapiecowych w metalurgii stali. W szczególności wiązały się one z ustaleniem czasu homogenizacji chemicznej i temperaturowej ciekłej stali w zależności od charakterystycznych cech pieca kadziowego. Dla kadzi pośrednich wyznaczenia kierunków zmian geometrii kadzi lub jej przestrzeni roboczej w celu poprawienia warunków odlewania.

Badania prowadzone w ramach ww. projektów i prac badawczych realizowanych w latach 2001 - 2005 zaowocowały szeregiem publikacji prezentowanych jako referaty głównie na konferencjach naukowych w kraju i zagranicą oraz publikacji w czasopismach krajowych i zagranicznych. Za publikacje **zostałem nagrodzony** przez Rektora Politechniki Częstochowskiej otrzymując dwie nagrody zespołowe II stopnia (lata 2003 i 2005).

Znaczny wpływ na mój rozwój naukowy w tym okresie miały także trzy, półroczne **staże przemysłowe** odbyte w latach 2003, 2005 i 2006 w dwóch zakładach przemysłowych (Huta CMC Zawiercie i Huta Stali Częstochowa). Przedmiotem stażów było zapoznanie się z technologią i podstawowymi problemami podczas wytapiania, rafinacji i odlewania ciekłej stali w warunkach produkcyjnych hut.

5.2. Działalność prowadzona po doktoracie

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych **zostałem zatrudniony w Katedrze Metalurgii Politechniki Śląskiej** gdzie pracuję do chwili obecnej. Podjęcie w 2007 roku pracy w Politechnice Śląskiej przyczyniło się do poszerzenia mojego obszaru działań naukowo-badawczych o fizyczne badania modelowe procesów metalurgicznych.

Pozostałe osiągnięcia wliczane do mojego dorobku habilitacyjnego, dotyczące innych obszarów badawczych, zostały zebrane w następujące grupy tematyczne:

1. Analiza zjawisk towarzyszących wymianie ciepła i masy podczas przepływu ciekłej stali w kadzi pośredniej dla różnych przestrzeni roboczych kadzi i stosowanych w niej urządzeń sterujących przepływem,
2. Stany awaryjne podczas procesu ciągłego odlewania stali oraz analiza wpływu różnych parametrów technologicznych na hydrodynamikę przepływu ciekłej stali w kadzi pośredniej,
3. Rafinacji ciekłej stali metodą filtracji z zastosowaniem filtrów ceramicznych,
4. Odwęglanie ciekłej stali, w warunkach ciśnienia atmosferycznego, mieszaniną dwóch gazów wprowadzanych do kąpeli metalowej w kadzi stalowniczej,
5. Technologia obróbki pozapiecowej, ciągłego odlewania oraz walcowania nowych rodzajów walcówki ze stali wysokowęglowej i o zwiększonej plastyczności do odkształcania na zimno,
6. Hydrodynamika procesu rafinacji aluminium i jego stopów,
7. Wykorzystanie odpadowych materiałów węglonośnych w procesach pirometalurgicznych,
8. Usuwanie cyny i miedzi z ciekłych stopów żelaza.

Ad.1. Istotnym obszarem mojej działalności naukowej, który stanowi kontynuację tematyki realizowanej przed doktoratem, są badania przepływu ciekłej stali w różnych konfiguracjach przestrzeni roboczych kadzi i dla stosowanych w nich urządzeń sterujących przepływem (USP).

Kadź pośrednia w procesie ciągłego odlewania stali odgrywa bardzo ważną rolę. Od prawidłowego jej działania zależy jakość uzyskiwanych wlewków ciągłych z punktu widzenia ich jednorodności chemicznej, czystości metalurgicznej oraz wymaganej struktury pierwotnej wlewka ciągłego. W zależności od specyfiki produkcji konkretnych stalowni oraz ich wydajności, stosowane są różne rozwiązania konstrukcyjne kadzi pośrednich. W celu sterowania przepływem czyli optymalizacji charakteru przepływu i mieszania ciekłej stali stosowane są różnego rodzaju USP stanowiące ich wyposażenie. Najczęściej są to przegrody, tamy, jazy czy podstrumieniowe inhibitory turbulencji. Dobór zabudowy kadzi pośredniej urządzeniami sterowania przepływem powinien być poprzedzony odpowiednimi badaniami. Duże trudności i koszty wykluczają prowadzenie czynnych eksperymentów na obiektach „gorących”. Badania takie należą więc do rzadkości. Powszechnie stosowane wówczas są techniki badań fizycznych na modelach wodnych jak i symulacje numeryczne.

Tematykę związaną z tym obszarem mojej działalności naukowej realizowałem m.in. jako **kierownik projektu badawczego** Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego o nr N N508 390337 pt. „*Fizyczne i matematyczne modelowanie warunków hydrodynamicznych przepływu stali w kadzi pośredniej różniącej się urządzeniami sterowania przepływem*”. Podstawowym celem tego projektu było opracowanie bazy danych obejmującej parametry techniczne

i eksploatacyjne nietypowych kadzi pośrednich z różną zabudową urządzeniami sterownia przepływem. W szczególności przeanalizowane zostały następstwa zabudowy wewnętrznej przestrzeni roboczej kadzi pośredniej w celu dokonania oceny ich efektywności i potencjalnych korzyści rafinacyjnych.

Wyniki badań uzyskane w ramach w/w projektu dowiodły, iż zamontowanie zaproponowanych USP prowadzi do tworzenia się pożądaných proporcji pomiędzy strefą intensywnego mieszania, a strefą przepływu tłokowego. Powoduje jednocześnie wydłużenie czasu przebywania kontrolnej masy stali w kadzi pośredniej (czas dotarcia do wylewów), co ma wpływ na tworzenie się korzystnych warunków jej rafinacji oraz homogenizacji. Wykazano, że typ zamontowanego USP (tama, przegroda czy inhibitor turbulencji) ma istotny wpływ na warunki hydrodynamiczne panujące w kadzi pośredniej. Dla wszystkich analizowanych wariantów zabudowy zmniejszył się udział strefy martwej, zwiększył się udział przepływu z idealnym mieszaniem. Odnotowano także wzrost udziału przepływu tłokowego, co jest zjawiskiem pożądanym z punktu widzenia oczekiwanego charakteru przepływu stali przez każdą pośrednią. Stwierdzono, iż geometria przekroju inhibitora turbulencji (kwadratowy lub okrągły) nie ma większego wpływu na kinetykę mieszania stali, oraz proporcje poszczególnych udziałów przepływu w kadzi pośredniej, w przeciwieństwie do inhibitora turbulencji o zróżnicowanym ukształtowaniu przestrzeni wewnętrznej (np. schodki, pochylenie ścian wewnętrznych czy kołnierz) które te parametry zmieniają. Najkorzystniejszym rozwiązaniem z badanych USP jest inhibitor turbulencji z kołnierzem którego zamontowanie może sprzyjać międzyfazowemu wydzielaniu wtrąceń niemetalicznych, a tym samym poprawiać jakość otrzymywanej stali.

W tam obszarze badawczym moje działania wiążą się z prowadzeniem analiz z zastosowaniem dwóch technik badawczych modelowania fizycznego i numerycznego (tzw. modelowania hybrydowego), w celu odwzorowania struktury przepływu i mieszania się ciekłej stali w reaktorze stalowniczym. Numeryczne rozwiązywanie tego typu problemów polega na wyborze odpowiednich procedur, które umożliwią najbardziej efektywne i dokładne rozwiązanie modeli matematycznych za pomocą dostępnych technik cyfrowych. Zagadnieniem tym zajmuję się do chwili obecnej. Rezultaty tej działalności zostały przedstawione m.in. w takich czasopismach jak: Metallurgical and Materials Transactions B, ISIJ International, Steel Research Int., Metalurgija, Archives of Metallurgy and Materials [Zał. 3 pkt. IIA poz. A4, A.5, A.6, A.7, A.8, A.10, A.11, A.12, A.14, A.36] oraz [Zał. 3 pkt. IIE poz. E.14, E.17, E.23, E.24, E.32, E.34] jak również na konferencjach krajowych i zagranicznych [Zał.3 pkt. IIIL poz. L. 20, L.21 L.22, L.24, L.25].

Ad.2. Jak wcześniej zaznaczyłem prowadziłem również badania związane z pracą kadzi pośredniej w stanie awaryjnym. Praca tego typu może wynikać z powodu usterek mechanicznych lub elektrycznych, przerwania wlewka ciągłego lub być wywołana nieciągłym dostarczeniem nowej partii ciekłej stali na stanowisko COS. Prowadzi to często do

konieczności odcięcia jednego lub dwóch wylewów w kadzi pośredniej. Odcięcie któregośkolwiek z wylewów wpływa na warunki hydrodynamiczne i termiczne panujące wewnątrz kadzi, co wykazały przeprowadzone wielowariantowe symulacje numeryczne. Istotnym efektem tych prac jest więc ocena możliwości prognozowania jakie skutki powoduje odcięcie konkretnego wylewu w dalszej pracy kadzi pośredniej i ewentualnym zapobieganiem pogłębienia się sytuacji awaryjnej. Odrębnym zagadnieniem realizowanym w tej tematyce były badania wpływu ilości ciekłej stali przebywającej w przestrzeni roboczej kadzi, oraz prędkości odlewania stali na kształtowanie się warunków hydrodynamicznych panujących w kadzi pośredniej. Badania wykazały, że prędkość odlewania stali ma znaczny wpływ na strukturę przepływu i intensywność turbulencji stali w kadzi pośredniej, im większa prędkość odlewania tym mniejszy udział, w objętości ciekłej stali, stref martwych. Prędkość odlewania również oddziałuje na kinetykę mieszania stali w kadzi, czym większa prędkość odlewania tym lepsze warunki mieszania stali. Zwiększenie prędkości odlewania powoduje również zmniejszenie udziału procentowego przepływu stagnacyjnego (stref martwych), oraz wzrost przepływu idealnego mieszania. Wyniki opisywanej tematyki przedstawiono m.in. w takich czasopismach jak: *Ironmaking & Steelmaking*, *Metalurgija*, *Archives of Metallurgy and Materials* [Zał. 3 pkt. IIA poz. A.16, A.20, A.21, A.37; pkt. IIE poz. E.20; pkt. IIIL poz. L. 25].

Ad.3. Kolejnym obszarem badawczym w którym także podejmowałem działania, były nowe technologie rafinacji stali metodą filtracji z zastosowaniem filtrów ceramicznych. Metoda rafinacji za pomocą filtrów ceramicznych jest szeroko stosowana w przemyśle przy rafinacji niektórych metali o niskiej temperaturze topnienia. Obecnie podejmowane są próby wprowadzenia tej technologii w metalurgii stali. Jednak w tym celu należy rozwiązać wiele problemów wynikających ze specyficznych wymagań, które muszą spełniać filtry, z powodu bardzo wysokich temperatur pracy i dużej masy filtrowanej stali. Omawianego obszaru badawczego dotyczył projekt rozwojowy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego o nr R07 019 03 pt. „*Nowa technologia rafinacji ciekłego metalu za pomocą filtrów ceramicznych*”, którego byłem wykonawcą.

Projekt obejmował szereg badań podstawowych oraz technologicznych, zarówno laboratoryjnych jak i przemysłowych w których uczestniczyłem. Koncepcja badań procesu filtracji ciekłej stali opierała się na przeprowadzeniu prób laboratoryjnych w Instytucie Metalurgii Żelaza w Gliwicach, w warunkach odlewania stali z próżniowego pieca indukcyjnego oraz prób przemysłowych w warunkach produkcyjnych (Gonar – Stalownia Baildon Sp. z o.o. oraz Magnesy Baildon Sp. zo.o. – Wydział Mikrostalowni). Próby przemysłowe filtrowania w warunkach COS, były poprzedzone badaniami modelowymi – symulującymi przepływ ciekłej stali w kadzi pośredniej. W wyniku tych ostatnich określano stan pracy stosowanych kadzi oraz optymalnej lokalizacji filtrów ceramicznych w przestrzeni roboczej kadzi, wraz z ustaleniem ilości filtrów w przegrodzie i wielkości oczek (kanałków filtracyjnych). Przy wyborze materiału na filtry brano pod uwagę przede wszystkim

ekstremalne warunki pracy filtrów, w tym: temperaturę odlewanej stali, obciążenia mechaniczne i występujący każdorazowo w czasie odlewania szok termiczny.

Dokonana ocena jakościowa stali poddanej procesowi filtracji w kadzi pośredniej urządzenia COS wykazała, że w wyniku filtracji nastąpiła poprawa czystości metalurgicznej stali, wyrażona zmniejszeniem udziału powierzchniowego wtrąceń niemetalicznych oraz ich ilości, jak również zmniejszeniem zawartości tlenu całkowitego w stali. Wyniki opisywanej tematyki opublikowano m.in. w czasopiśmie *Metalurgija* [Zał. 3 pkt. IIA poz. A.9; pkt. IIE poz. E.19, E.22, E.26, E.29; pkt. IIIB poz. B.19].

Ad.4. Kolejnym ważnym obszarem badawczym w którym podjąłem działania było opracowanie racjonalizacyjnej technologii zwiększenia wykorzystania w procesach hutniczych większej ilości złomu poamortyzacyjnego (drotu ze zużytych opon). Dynamiczny rozwój komunikacji samochodowej oraz przewozów towarowych transportem kołowym na świecie powoduje powstawanie coraz większej ilości zużytych opon, które w znacznym stopniu obciążają środowisko naturalne. Każdego roku powstaje duża ilość zużytych opon, które należy w sposób ekologiczny zagospodarować. Przemysł hutniczy wykorzystuje drut ze zużytych opon. Jednakże ze względu na zawartość m.in. Cu w tym materiale wsadowym stosowany jest on jedynie jako uzupełnienie wsadu podstawowego. Niekorzystne parametry fizyczne nie pozwalają na jego bezpośrednie wykorzystanie w procesie konwertorowy czy przetopie w elektrycznym piecu łukowym.

Ten obszar badań podjąłem w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Narodowego Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, GEKON2/O5/268809/19/2015 p.t. „*Innowacyjna technologia przetwarzania drotu ze zużytych opon do postaci pełnowartościowego produktu w procesie metalurgicznym*”, który realizowany był przez konsorcjum Śląskie Towarzystwo Handlowe Kupiec S.A., Politechnikę Śląską; Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, oraz Instytut Metalurgii Żelaza im. Stanisława Staszica. W ww. projekcie byłem **kierownik zespołu realizującego jedno z zadań**.

W ramach projektu zostały przeprowadzane badania eksperymentalne oraz modelowe mające na celu opracowanie i wdrożenie innowacyjnej technologii wytwarzania stali i drutów na tzw. drutówkę i kord opon, jak również na inne wyroby stalowe i staliwne spełniające najwyższe wymagania w zakresie czystości metalurgicznej, przy maksymalnym udziale złomu drotu kordu z recyklingu zużytych opon samochodowych.

W ramach tych badań zajmowałem się między innymi modelowaniem hybrydowym (fizycznym i numerycznym) zjawisk hydrodynamicznych w układzie woda – powietrze, co odwzorowuje układ rzeczywisty ciekły metal – gaz. Wynikiem tych działań było opracowanie optymalnych wytycznych dla konstrukcji agregatu metalurgicznego (kadzi stalowniczej z możliwością przedmuchiwania kąpieli metalowej), oraz zaprojektowanie optymalnego sposobu wprowadzania do niej mieszaniny dwóch gazów.

Wyniki tych badań zostały opublikowane m.in. w czasopiśmie Archives of Metallurgy and Materials oraz były prezentowane na konferencjach [Zał. 3 pkt. IIA poz. A.42, pkt. IIE poz. E.40, E.41, E.42, pkt. III L poz. L.31, L.33]. Realizowane zagadnienie związane z omawianą tematyką przyczyniło się do **dwóch zgłoszeń patentowych których jestem współautorem** (nr P.422666 i nr P.422668 pt. „Sposób odwęglania stali”). Przedmiotem ich jest sposób odwęglania ciekłej stali, w warunkach ciśnieni atmosferycznego, mieszaniną dwóch gazów, jednego o charakterze utleniającym i drugiego o charakterze obojętnym wprowadzanych do kąpeli metalowej w kadzi stalowniczej przez kształtkę gazoprzepuszczalną umieszczoną w dnie lub przez lance od góry.

Ad.5. W ramach kolejnego z wymienionych wcześniej obszarów badawczych moje działania wiązały się:

- a) Z opracowaniem elementów modeli matematycznych przeznaczonych do numerycznego modelowania procesów: obróbki pozapiecowej i ciągłego odlewania stali dla stali wysokowęglowych, do ciągnięcia i/lub walcowania na zimno oraz do spęczania na zimno i wyciskania lub wytłaczania na zimno;
- b) Przygotowaniem dokumentacji technicznej dotyczącej parametrów geometrycznych analizowanych agregatów metalurgicznych (z uwzględnieniem stosowanych materiałów oraz ich właściwości fizycznych);
- c) Analizą parametrów technologicznych - na podstawie danych zebranych z urządzeń przemysłowych w toku produkcyjnym - w celu opracowania danych wejściowych niezbędnych do konstruowania modeli numerycznych i fizycznych;
- d) Badaniami modelowymi z wykorzystaniem modeli fizykalnych kadzi stalowniczej, kadzi pośredniej i krystalizatorów urządzenia COS z uwzględnieniem charakterystycznych parametrów technologicznych wytwarzania wybranych grup stali.

Dodatковым elementem moich działań była także analiza i interpretacja uzyskanych wyników która pozwoliła na opracowanie założeń technologicznych produkcji stali dla analizowanych grup z uwzględnieniem

- Pozapiecowej obróbki ciekłych stali na stanowisku pieca kadziowego (PK) (przygotowanie ciekłej stali przed i podczas spustu z pieca elektrycznego przed procesem rafinacji na stanowisku PK; kryteria rafinacji ciekłej stali podczas procesu na stanowisku PK; wytyczne dotyczące iniekcji argonu do kąpeli metalowej).
- Technologii ciągłego odlewania stali (wytyczne dotyczące modyfikacji zabudowy przestrzeni roboczej kadzi pośredniej; kryteria dotyczące segregacji osiowej węgla i innych pierwiastków we wlewkę ciągłym; wytyczne dotyczące parametrów pracy krystalizatora oraz parametrów chłodzenia (pracy) maszyny COS).

Omawiane powyżej dokonania pozwoliły zespołowi Autora projektu na opracowanie założeń procesowych technologii walcowania walcówki w walcowni ciągłej Morgan – które

obejmowały parametry walcowania, wytyczne dotyczące kalibrowania walców, parametry wieloetapowego chłodzenia z wykorzystaniem systemu Stelmor.

Omawianą tematyką zajmowałem się jako **kierownik zespołu realizującego dwa zadania** w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju o nr. PBS2/A5/32/2013 p.t. „*Innowacyjna i proekologiczna technologia obróbki pozapiecowej, ciągłego odlewania oraz walcowania nowych rodzajów walcówki ze stali wysokowęglowej i o zwiększonej plastyczności do odkształcania na zimno w walcowniach ciągłych z wieloetapowym chłodzeniem*”. Projekt ten wykonywany był przez konsorcjum Politechnika Częstochowska - Politechnika Śląska.

Wyniki prac obejmujące część stalowniczą zostały opublikowane m.in. w takich czasopismach jak: *Metalurgija*, *Archives of Metallurgy and Materials* [Zał. 3 pkt. IIA poz. A.17, A.23, A.24, A.26, A.27, A.28, A.30, A.31, A.38; pkt. IIE poz. E.35;] oraz konferencjach krajowych i zagranicznych [Zał. 3 pkt. IIIB poz. B.25, B.26, B.27, B.28, B.31; pkt. IIIL poz. L.26, L.27, L.28, L.29, L.30].

Ad.6. Kolejnym obszarem badawczym który stanowił rozszerzenie moich zainteresowań naukowych była rafinacja aluminium. Prowadzona jest ona obecnie głównie metodą barbotażu czyli poprzez przedmuchiwanie ciekłego metalu gazami obojętnymi zwłaszcza argonem. W omawianym procesie rafinujący gaz obojętny wprowadzany jest do ciekłego metalu poprzez lance, porowate kształtki gazoprzepuszczalne oraz rotory. Aby proces rafinacji był skuteczny konieczne jest dyspersja równomierna rozproszonych pęcherzyków gazowych w całej objętości ciekłego metalu. By otrzymać ten stopień dyspersji, proces musi być prowadzony przy ściśle określonych optymalnych wartościach parametrów procesowych takich jak natężenie przepływu gazu czy też prędkość obrotowa rotora. Dobór odpowiednich parametrów procesowych w warunkach rzeczywistych jest trudny do zrealizowania i dodatkowo czasochłonny oraz kosztochłonny. Zastosowanie modelowania fizycznego połączonego z modelowaniem numerycznym może znacznie zredukować koszty optymalizacji omawianego procesu. Omawianego obszaru badań dotyczył projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego o nr. N N508 443236, „*Hydrodynamika procesu rafinacji ciekłych stopów metalu*”, którego byłem wykonawcą. Moim zadaniem podczas realizacji projektu było przeprowadzenie symulacji numerycznych w komercyjnym programie ANSYS Fluent z wykorzystaniem modeli wielofazowych oraz udział w badaniach fizycznych. Wykonane badania dotyczyły dwóch reaktorów URO-200 i URC-7000 różniących się sposobem wprowadzania gazu obojętnego do ciekłego aluminium. Obliczenia numeryczne obejmowały różne parametry procesowe oraz geometrie rotorów. Zagadnieniem tym zajmuję się do chwili obecnej. Efekty tych prac zostały opublikowane m.in. w takich czasopismach jak: *Metalurgija* oraz *Archives of Metallurgy and Materials* [Zał. 3 pkt. IIA poz. A.13, A.15, A.22, A.32, pkt. IIE poz. E.33, E.36, E.42, E.43, E.44, pkt. IIIB poz. B.21].

Ad. 7. Osobnym obszarem mojej działalności naukowej jest ostatnio też tematyka zagospodarowania drobnych odpadów frakcji węglowych w wybranych agregatach

metalurgicznych, ze szczególnym uwzględnieniem pieców szybowych a także możliwości usuwania miedzi i cyny ze stali w trakcie obróbki próżniowej. W tym drugim przypadku zajmuję się modelowaniem procesu transportu masy par tych metali od powierzchni stali do rdzenia fazy gazowej.

Oba ostatnie tematy realizowane były przeze mnie w ramach projektów badawczych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego o nr. N507 023 31/0630, *Określenie możliwości zastosowania alternatywnych węglonośnych surowców odpadowych w procesach wytwarzania metali nieżelaznych*”, oraz nr. N N507 434434, *„Eliminacja cyny i miedzi ze stopów żelaza”*, w których brałem udział jako wykonawca.

Omawiając moją działalność naukową w ostatnich latach muszę wspomnieć o **współpracy z VSB Technical University of Ostrava w Czechach**. Współpraca ta trwa cały czas i jest efektem moich staży naukowo-badawczych jakie odbyłem w tej instytucji naukowej. Tematyka badań realizowana między Politechniką Śląską i VSB Technical University of Ostrava dotyczy:

- a) Optymalizacji przemysłowego procesu próżniowego odgazowania stali metodą RH, wpływu wartości strumienia gazu obojętnego wprowadzanego przez dysze króćca ssącego na warunki hydrodynamiczne procesu;
- b) Analizy krzepnięcia okrągłych wlewków ciągłych oraz wlewków stożkowych przy odlewaniu specjalnych stali narzędziowych (opis transportu ciepła pomiędzy poszczególnymi elementami układu, określenie strat ciepła wzdłuż pasma w strefie chłodzenia pierwotnego i wtórnego);
- c) Analizy zaciągania żużla w kadzi pośredniej (oznaczenie krytycznej wartości poziomu ciekłej stali dla określonych warunków procesowych).

Efekty tej współpracy są prace prezentowane na konferencjach oraz publikowane w Archives of Metallurgy and Materials [Zał. 3 pkt. IIA poz. A.29, A.34, A.35, A.40, A.41, pkt. IIIB poz. B.29, B.30, B.33].

W dalszej pracy naukowo-badawczej planuje poszerzyć dotychczasowe obszary zainteresowań:

- Badanie mechanizmów transportu i usuwania wtrąceń niemetalicznych z ciekłej stali w celu poprawy czystości metalurgicznej otrzymywanej stali;
- Projektowanie nowoczesnych urządzeń sterowania przepływem (podstrumieniowych inhibitorów turbulencji, tam, filtrów ceramicznych);
- Modelowanie procesu wytapiania stali w konwertorze tlenowym i piecu elektrycznym w celu poprawy efektywności energetycznej, ekonomicznej oraz ekologicznej procesu;
- Modelowanie mieszania ciekłej stali gazami obojętnymi z wykorzystaniem gazoprzepuszczalnych modułów, w celu intensyfikacji eliminacji wtrąceń niemetalicznych, wyrównania temperatury i składu chemicznego w trakcie prowadzonych zabiegów na stanowisku pieca kadziowego;

- Nawiązanie współpracy z przemysłem i realizowanie wspólnych projektów mających na celu optymalizację procesu ciągłego odlewania stali, poprzez dobór właściwych parametrów procesu odlewania, co skutkowało to będzie bezpiecznym i bezawaryjnym prowadzeniem procesu, a w dalszej perspektywie zaowocuje jakościowymi i ekonomicznymi korzyściami podejmowanej produkcji.

Intensywnie pracuję nad pozyskiwaniem nowych środków na projekty badawcze finansowane z różnych źródeł. Wzięłam udział w **17 projektach badawczych**, w tym **3 z nich zrealizowałam jako kierownik projektu lub kierownik zadań badawczych**. Jestem autorem raportów z tych projektów. Biorę również czynny udział w badaniach statutowych realizowanych w Katedrze (**6 prac badawczych**).

Dodatkowo w swojej pracy naukowo badawczej angażuję się również w proces oceny publikacji naukowych w czasopismach zagranicznych i krajowych. **Dotychczas zrecenzowałam łącznie 15 publikacji**, m.in.: Steel Research International (6 recenzji), Archives of Metallurgy and Materials (4 recenzje), Metalurgija (1 recenzja), Hutnik - Wiadomości Hutnicze (4 recenzje). [Zał. 3 pkt. III P]

Wyniki swoich prac badawczych prezentowałam na międzynarodowych konferencjach naukowych zagranicznych i krajowych między innymi: *METAL* (2016, 2017), *SHMD* (2008, 2010, 2012, 2014), *LMPC* (2011), *PRICM 7* (2010), *European COMSOL Conference* (2015), *International October Conference on Mining and Metallurgy* (2014), *STEELSIM* (2005), *International Metallurgical Conference on Continuous Casting* (2003), *International Scientific Conference Iron and Steelmaking* (2002, 2003, 2004, 2005, 2010, 2011, 2014, 2017), *Teorie a praxe vyroby a zapracovani oceli* (2006, 2016, 2017), *Konferencja Ciągłe Odlewanie Stali* (2004, 2006, 2008), *KomPlasTech* (2006), *Krajowa Konferencja Mechaniki Płynów* (2004), *Międzynarodowa Konferencja Naukowo - Techniczna „Produkcja i zarządzanie w hutnictwie”* (2002÷2006, 2011, 2016), *Konferencja „Nowe technologie i osiągnięcia w Metalurgii i Inżynierii Materiałowej”* (2002÷2005, 2007). [Zał. 3 pkt. III L]

Obok staży w hutach i staży naukowo-badawczych odbyłem również **staż połączony ze szkoleniami na Uniwersytecie w Hull i Leeds oraz Leeds Innovation Centre w Wielkiej Brytanii**. Wyjazd związany był z moim udziałem w projekcie „Nauka dla Gospodarki – efektywne zarządzanie badaniami naukowymi i komercjalizacja wyników prac badawczych” współfinansowanego z funduszy Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Mój dotychczasowy dorobek naukowo-badawczy obejmuje łącznie 148 prac, z których 100 po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. Łącznie 81 publikacji, w tym 69 po doktoracie. Zostały one opublikowane w recenzowanych czasopismach zagranicznych i krajowych, z czego 42 w czasopismach indeksowanych w bazie JCR.

Ważniejsze wskaźniki naukowe

Liczba publikacji indeksowanych w bazie Web of Science (w tym przed doktoratem): **46 (3)**
 (+2 zgłoszenia patentowe)

Liczba publikacji w czasopiśmie w bazie Scopus (w tym przed doktoratem): **49 (5)**

Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: **22,536**

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (w tym bez autocytaowań): **178 (94)**

Indeks Hirscha według bazy Web of Science: **9**

Ogółem liczba punktów ministerialnych: **1279 pkt.**

Zbiorcze dane zamieszczono w tabelach 1-4.

Tabela 1. Wskaźniki oceny dorobku naukowego

	Wg bazy Web of Science	Wg bazy Scopus	Wg Google Scholar
Liczba publikacji w bazie	46	49	84
Indeks Hirscha wg bazy	9	10	11
Liczba cytowań	178	204	293

Tabela 2. Publikacje w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR) posiadające Impact Factor

Czasopismo (wg JCR)	Rok publikacji	Liczba publikacji	Impact Factor (zgodnie z rokiem publikacji)	Sumaryczny IF na dany rok	Punkty MNiSW (zgodnie z rokiem publikacji)	Suma punktów MNiSW na dany rok
Przed doktoratem						
Archives of Metallurgy and Materials	2005	1	0,133	0,133	6	6
Metalurgija	2007	2	0,192	0,384	10	20
Po doktoracie						
Metalurgija	2009	1	0,439	0,439	15	15
	2011	1	0,259	0,259	20	20
	2013	2	0,755	1,51	25	50
	2014	6	0,959	5,754	25	150
	2015	4	-	-	25	100
	2017	1	-	-	25	25
Archives of Metallurgy and Materials	2013	1	0,763	0,763	20	20
	2014	3	1,09	3,27	25	75
	2015	7	-	-	30	210
	2016	5	0,571	2,855	30	150
	2017	3	0,985*	2,955	30	90
Steel Research International	2010	1	0,455	0,455	27	27
	2012	1	0,493	0,493	25	25

ISIJ International	2013	1	1,069	1,069	35	35
Metallurgical and Materials Transactions B	2012	1	1,212	1,212	30	30
Ironmaking & Steelmaking	2016	1	0,985	0,985	25	25
Razem		42		22,536		1073

*IF_{5-letni}

Tabela 3. Publikacje znajdujące się w bazie Web of Science bez IF

Czasopismo (wg WoS)	Rok publikacji	Liczba publikacji	Punkty MNiSW (zgodnie z rokiem publikacji)
Solid State Phenomena	2011	1	10
	2012	1	10
Materials Science Forum	2010	1	13
Metal 2016	2016	1	-
Razem		4	33

Tabela 4. Zestawienie zbiorcze czasopism zagranicznych i krajowych punktowanych przez MNiSW, w których ukazały się opracowane przeze mnie artykuły

Czasopismo	Punkty MNiSW (zgodnie z rokiem publikacji)	Liczba publikacji	Liczba punktów (zgodna z rokiem publikacji)
Hutnik –Wiadomości hutnicze	6/7/9*	22	137
Prace Instytutu Metalurgii Żelaza	0/4/4	4	12
Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering	8	2	16
Rudy i Metale Nieżelazne	8	1	8
Acta Metallurgica Slovaca	-	5	-
AIST Transactions	-	2	-
Materials Science Forum	-	1	-
Razem		37	173

*2005-2009 6pkt / 2010 9 pkt / 2011-2014 6 pkt / od 2015 7 pkt

Szczegółowy wykaz dorobku naukowego został umieszczony w załączniku 3 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

6. Działalność dydaktyczna

W mojej pracy zawodowej, realizowanym przeze mnie badaniom naukowym, towarzyszy aktywność w zakresie dydaktyki, co wiąże się nie tylko z jednym z moich obowiązków zawodowych, ale również z chęcią podzielenia się zdobytą wiedzą ze studentami, jak również z młodzieżą ze szkół średnich współpracujących z moją jednostką.

Równolegle do działalności naukowej prowadzę działalność dydaktyczną adresowaną do słuchaczy studiów stacjonarnych (studia dzienne) oraz niestacjonarnym (studia wieczorowe i zaoczne) zarówno dla I jak i II stopnia kształcenia. Prowadziłem zajęcia dydaktyczne na kierunkach studiów: *Metalurgia, Technologie Metali, Inżynieria Materiałowa, Inżynieria Produkcji, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Informatyka Przemysłowa*.

W ramach moich obowiązków dydaktycznych prowadziłem i prowadzę obecnie zajęcia, tj. wykłady, ćwiczenia, projekty oraz laboratoria z przedmiotów takich, jak: „Metalurgia Ekstrakcyjna”, „Inżynieria Procesowa”, „Technologie Metali”, „Współczesne Techniki Materiałowe”, „Procesy i Techniki Produkcyjne”, „Modelowanie Fizyczne i Matematyczne Procesów Metalurgicznych”, „Komputerowe Wspomaganie w Technice i Sieci Komputerowe”, „Technology and Computer Networks”, „Komputerowe Wspomaganie w Technice i Technologii”, „Wspomaganie Komputerowe Prac Inżynierskich”, „Budowa i Eksploatacja Maszyn”, „Budowa i Eksploatacja Maszyn – grafika CAD-CAM”, „Informatyka”, „Grafika Inżynierska”, „Komputerowa Grafika Inżynierska”, „Informatyczne Techniki Zarządzania – Bazy Danych”, „Chemia Ciała Stałego”, „Praca Przejściowa”.

Opracowałem cztery autorskie cykle wykładów i laboratoriów z następujących przedmiotów:

- Technology and Computer Networks - 30 h laboratoriów dla studiów stacjonarnych i niestacjonarnych II stopnia – zajęcia prowadzone w języku angielskim,
- Modelowanie Fizyczne i Matematyczne Procesów Metalurgicznych – 15 h wykładów i 30 h laboratoriów dla studiów stacjonarnych i niestacjonarnych II stopnia,
- Komputerowe Wspomaganie w Technice i Sieci Komputerowe - 15 h wykładów i 15 h laboratoriów dla studiów stacjonarnych i niestacjonarnych II stopnia,
- Wspomaganie Komputerowe Prac Inżynierskich - 15 h wykładów i 15 h projekt dla studiów stacjonarnych i niestacjonarnych II stopnia.

Swoje umiejętności dydaktyczne i wiedzę dydaktyczną pogłębiałem na kursach i szkoleniach. Posiadam dyplom ukończenia rocznego Studium Pedagogiczne dla Nauczycieli Akademickich.

W pracy dydaktycznej przydatna jest również wiedza, zdobyta przeze mnie w von Karman Institute for Fluid Dynamic w Belgii. Wiedza zdobyta w tym renomowanym Instytucie w dziedzinie badań numerycznych pozwoliła mi na podniesienie moich kwalifikacji do nauczania w tej dziedzinie. Regularnie biorę udział w corocznych spotkaniach użytkowników oprogramowania ANSYS Fluent organizowanych przez firmę SymKom gdzie prezentowane są

wyniki badań z zastosowaniem oprogramowania ANSYS. Spotkania te połączone są ze szkoleniami z zakresu modelowania CFD. Uczestniczyłem również w szkoleniu „Wstęp do ANSYS v13, organizowanego przez firmę MESco.

Wykłady (łącznie 16 godzin) **realizowałem również zagranicą** w Technical University of Ostrava w Czechach w ramach programu ERASMUS+ KA1. Tematyka zrealizowanych zajęć dotyczyła głównie optymalizacji stosowanych i opracowywaniu nowych technologii opartych o zasady hydrodynamiki (szczególnie w dziedzinie metalurgii stali). [Zał. 3 pkt. III A]

W ramach projektu Modln CZ.1.07/2.2.00/28.0304 finansowanego z funduszy Unii Europejskiej realizowanego w VSB - Technical University of Ostrava **zostałem zaproszony do wygłoszenia wykładu (2014)** na temat „*Numerical Modelling of Metallurgical Processes*”, w którym przybliżyłem studentom aspekty modelowania numerycznego procesów metalurgicznych.

W latach 2013 - 2015 **byłem uczestnikiem projektu FSD-57/RM4/2009** pt.: „*Otwarcie nowego kierunku studiów i nowych specjalności oraz organizacja specjalistycznych kursów w Politechnice Śląskiej wraz z systemem staży dla kadry akademickiej uczelni*”, **w ramach którego prowadziłem zajęcia dydaktyczne** na nowym kierunku Informatyka Przemysłowa realizując w części treści programowe z przedmiotów takich jak Procesy i techniki produkcyjne, Komputerowa grafika inżynierska. [Zał. 3 pkt. II B]

Ponadto **brałem udział w opracowaniu** projektów i budowie stanowisk badawczych wykorzystywanych do realizacji badań oraz zajęć dydaktycznych, m.in.:

- Stanowisko badawcze do badań dystrybucji i separacji mikrocząstek w reaktorze przepływowym,
- Model kadzi stalowniczej z możliwością jednoczesnego przedmuchiwania kąpieli przez jedną, dwie lub trzy kształtki gazoprzepuszczalne zainstalowane w dnie modelu,
- Stanowisko do testowania różnego rodzaju (przemysłowych) kształtek gazoprzepuszczalnych,
- Moduł pomiarowo-rejestrujący (dozujący) cząstki modelowe. [Zał. 3 pkt. III I]

W latach 2002 - 2006 **byłem jednym z opiekunów Studenckiego Koła Naukowego „INFOMET”**, działającego przy Katedrze Ekstrakcji i Recykulacji Metali Politechniki Częstochowskiej. Studenci Koła Naukowego zdobywali czołowe miejsca w licznych konferencjach odbywających się na uczelniach krajowych. [Zał. 3 pkt. III J]

Jestem promotorem pomocniczym jednej rozprawy doktorskiej (tytuł: „Poprawa efektywności energetycznej procesu wytapiania stali w konwertorach tlenowych” doktorant: mgr inż. Ihor Fieiereizen, jednostka prowadząca przewód: Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej, planowana obrona w kwiecień 2018 roku). [Zał. 3 pkt. III K]

W ramach opieki nad studentami, **byłem promotorem 7 prac dyplomowych magisterskich** oraz **50 prac dyplomowych inżynierskich** (projektów inżynierskich). Byłem recenzentem **29 prac dyplomowych inżynierskich** oraz **4 prac dyplomowych**

magisterskich. Wszystkie prace były realizowane na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechniki Śląskiej. [Zał. 3 pkt. III J]

Jestem zaangażowany w działalność popularyzującą nauki ścisłe w szkołach średnich, z którymi współpracuje Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii. Biorąc czynny udział w eventach oraz zajęciach popularyzujących nauki techniczne organizowanych na Wydziale dla uczniów tych szkół od roku 2010. Staram się zarażać swoją pasją do nauk ścisłych, poprzez umożliwienie obejrzenia z bliska doświadczeń laboratoryjnych oraz uczestnictwa w nich. Od roku 2016 współprowadzę zajęcia na roku 0 organizowanym na Wydziale dla przyszłych kandydatów Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej.

7. Działalność organizacyjna

Szczególnie istotnym moim **osiągnięciem o charakterze organizacyjnym jest współorganizowanie** w latach (2003÷2005) Międzynarodowej Studenckiej Sesji Naukowej odbywającej się na Wydziale Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej Politechniki Częstochowskiej organizowanej równoległe z Międzynarodową Konferencją Naukową pt. „Nowe Technologie i Osiągnięcia w Metalurgii i Inżynierii Materiałowej”. Byłem również współredaktorem recenzowanych materiałów konferencyjnych wydawanych w postaci zeszytów naukowych. W latach 2003 i 2004 zasiadałem w jury tej Sesji Naukowej.

Na działalność organizacyjną którą obecnie prowadzę w jednostce macierzystej (Politechnika Śląska), składa się członkostwo w Wydziałowych Komisjach: Odbioru Projektów Inżynierskich; Promocji Wydziału; ds. Rozkładu Zajęć; ds. Legalności Oprogramowania.

W zakres działalności organizacyjnej wpisuje się również funkcja obecnie pełniona przeze mnie (od 2017) **Kierownika Zespołu Naukowo-Dydaktycznego z zakresu Metalurgii Ekstrakcyjnej** powierzona mi przez Kierownika Katedry Metalurgii Ekstrakcyjnej i Ochrony Środowiska Politechniki Śląskiej.

Jestem również **opiekunem jedyne w kraju** laboratorium modelowania fizycznego procesów metalurgicznych, wyposażonego w modele fizyczne wszystkich urządzeń reprezentujących etapy produkcji stali od wielkiego pieca do urządzenia COS (model fizyczny pieca szybowego, model fizyczny konwertora tlenowego z dmuchem kombinowanym, model urządzenia RH, modele stanowisk do przedmuchiwania stali gazami w kadzi stalowniczej, modułowy model fizyczny urządzenia COS). W ramach mojej pracy brałem udział w budowie wymienionych modeli oraz samodzielnie zaprojektowałem i zbudowałem modułowy model fizyczny urządzenia COS. Model ten jest unikalnym stanowiskiem w skali kraju służącym do określania warunków hydrodynamicznych panujących w kadzi pośredniej i krystalizatorze. Dodatkowo jestem opiekunem laboratorium komputerowego modelowania procesów wysokotemperaturowych.

Od roku 2014 jestem członkiem bazy ekspertów Centrum Innowacji i Transferu Technologii Politechniki Śląskiej, której celem jest ułatwienie kontaktu z osobami

i podmiotami zainteresowanymi wykorzystaniem potencjału naukowego. Natomiast od roku 2017 jestem wydziałowym koordynatorem i zarazem administratorem programu ANSYS Fluent.

Poza jednostką macierzystą jestem członkiem Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Hutniczego Oddział Hutnictwa Żelaza i Stali w Częstochowie.

Tabela 5. Zestawienie nagród oraz innych ważniejszych certyfikatów i zaświadczeń

Nagrody
Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej, zespołowa stopnia II za cykl publikacji z zakresu technologii wytapiania, ciągłego odlewania oraz własności nowoczesnych stali specjalnych wraz z przerobem odpadów metalurgicznych (2003)
Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej, zespołowa stopnia II za cykl publikacji na temat badania teoretycznych i praktycznych aspektów wytapiania i recykulacji metali (2005)
Szkolenia, kursy
Zaświadczenie o uczestnictwie w serii wykładów "Introduction to computational fluid dynamics", von Karman Institute for Fluid Dynamics, Belgia (2003)
Zaświadczenie o odbyciu szkolenia „Przygotowania do pracy w charakterze kierownika projektów badawczych” (2011)
Zaświadczenie o odbyciu szkolenia „Wstęp do ANSYS v13” (2011)
Certyfikat ukończenia cyklu szkoleń realizowanych w ramach projektu Nauka dla Gospodarki – efektywne zarządzanie badaniami naukowymi i komercjalizacja wyników prac badawczych” współfinansowanego z funduszy Unii Europejskiej (2013)
Zaświadczenie o odbyciu szkolenia „Zarządzanie dużymi projektami badawczymi i ich finansowanie” (2013)
Staże zagraniczne
Certyfikat udział w wyjeździe studyjnym na University of Hull, University of Leeds oraz Leeds Innovation Centre (Wielka Brytania) (2013)
Certyfikat o odbyciu stażu naukowo-badawczego VSB Ostrava, Czechy (listopad 2014)
Certyfikat o odbyciu stażu naukowo-badawczego VSB Ostrava, Czechy 5 (listopad 2015)
Certyfikat o odbyciu stażu dydaktycznego (ERASMUS+) VSB Ostrava, Czechy (kwiecień 2016)
Certyfikat o odbyciu stażu dydaktycznego (ERASMUS+) VSB Ostrava, Czechy (marzec 2017)
Staże przemysłowe
Certyfikat o odbyciu stażu Huta CMC Zawiercie S.A., 6 miesięcy (2003)
Certyfikat o odbyciu stażu ISD Huta Częstochowa, 6 miesięcy (2005)
Certyfikat o odbyciu stażu ISD Huta Częstochowa, 6 miesięcy (2006)
Inne dyplomy
Certyfikat nr 65/KNP/2018 uczestnictwa w Konferencji Naukowo-Przemysłowej, Inżynieria Jakości – Przyszłość, Sukces, Satysfakcja (2018)
Certyfikat uczestnictwa w COMSOL Conference (2015)
Dyplom za zajęcie 2 miejsca w sesji porterowej na XXIV Konferencji Iron and Steelmaking, Czechy (2014)
Certyfikat potwierdzający wygłoszenie referatu w Section Lecturer na 46 Miedzynarodowej Konferencji IOC 2014 (2014)
Certyfikat potwierdzający wygłoszenie referatu na 46 Miedzynarodowej Konferencji IOC 2014 (2014)
Potwierdzenie złożenia zgłoszeń patentowych nr P.422666
Potwierdzenie złożenia zgłoszeń patentowych nr P.422668

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

Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	TAK	42
Zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	TAK	4
Udzielone patenty, zgłoszenia patentowe międzynarodowe i krajowe	TAK	2
Monografie, publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych	TAK	1/44
Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych	TAK	8
Materiały konferencyjne	TAK	62
Summaryczny Impact Factor wg listy Journal Citation Reports (JCR)	22,536	
Liczba cytowań publikacji wg bazy Web of Science (WoS) (<i>w tym bez autocytań</i>)	178 (94)	
Indeks Hirsha wg bazy Web of Science (WoS)	9	
Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach	TAK	3/17
Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową lub artystyczną	TAK	2
Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach/Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	TAK	15/52
Udział w komitetach naukowych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	NIE	0
Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	TAK	3
Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż powyżej	TAK	1
Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	TAK	2
Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami	TAK	2
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	NIE	0
Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	TAK	1
Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki przygotowanie materiałów dydaktycznych, zajęć laboratoryjnych, projektowych	TAK	7
Opieka naukowa nad studentami <i>/(opieka w charakterze promotora prac magisterskich, inżynierskich, projektów inżynierskich)</i>	TAK	16/57
Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego	TAK	1
Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	TAK	5
Wykonanie ekspertyzy lub innego opracowania na zamówienie	TAK	1
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	TAK	1
Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych	NIE	0
Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	TAK	15