

dr inż. Iwona Sulima

## **Autoreferat**

**przedstawiający opis jego dorobku i osiągnięć naukowych,**

w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy z dn. 14.03.2003  
o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki  
(Dz.U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.)

w języku polskim

*Iwona Sulima*  
..... Kraków, 2018

## 1. Imię i nazwisko

Iwona Sulima

## 2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

**Uzyskany tytuł: magister inżynier inżynierii materiałowej – 15 lipiec 1999**

Akademia Górniczo – Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych,  
kierunek: Inżynieria Materiałowa

Temat pracy magisterskiej: „Wpływ rodzaju pokrycia na własności połączenia w układzie Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>”

Promotor: prof. dr hab. inż. Borys Mikułowski

**Międzywydziałowe Studium Pedagogiczne; 1997-1999**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Instytut Nauk Społecznych,  
Studium Przygotowania Pedagogicznego

**Uzyskany tytuł: magister inżynier – 03 lipiec 2001**

Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Górniczy, kierunek  
Zarządzanie i Marketing, specjalność w zakresie Zarządzanie i marketing w przemyśle

Temat pracy magisterskiej: „Cena jako instrument marketingu strategicznego”

Promotor: dr inż. Arkadiusz Utrata

**Uzyskany stopień: doktor nauk technicznych w dziedzinie Inżynieria Materiałowa –  
24 luty 2004**

Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych

Temat pracy doktorskiej: „Wpływ wybranych parametrów fizyko-chemicznych na własności  
połączenia aluminium/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>”

Promotor: prof. dr hab. inż. Borys Mikułowski

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Kazimierz Przybylski

prof. dr hab. inż. Jerzy Sobczak

*Sulima*

### **3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

01.10.2005 – 31.01.2007; asystent w Instytucie Techniki, Wydział Matematyczno-Fizyczno-Techniczny, Akademia Pedagogiczna, obecnie Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

01.02.2007 – obecnie; adiunkt w Instytucie Techniki, Wydział Matematyczno-Fizyczno-Techniczny, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

01.10.2015 - obecnie; Kierownik *Pracowni wytwarzania i badania materiałów spiekanych*, w Instytucie Techniki, Wydział Matematyczno-Fizyczno-Techniczny, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

01.09.2016 – 31.08.2017; Zastępca Dyrektora ds. Kształcenia i organizacji w Instytucie Techniki, Wydział Matematyczno-Fizyczno-Techniczny, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

01.09 2017 –31.08.2020; Zastępca Dyrektora ds. Nauki i Dydaktyki w Instytucie Techniki, Wydział Matematyczno-Fizyczno-Techniczny, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

### **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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):**

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego,

**Spiekane kompozyty stalowe wzmacniane dwuborkiem tytanu.**

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy),

Jako moje osiągnięcie naukowe, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Materiałowa, określone w art. 16 pkt 2. ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie

*Sulina*

sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.), wskazuję autorską monografię – dzieło opublikowane w całości:

## **Spiekane kompozyty stalowe wzmocnione dwuborkiem tytanu**

Iwona Sulima

Kraków, 2018

Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego  
Prace Monograficzne 835

ISSN 0239-6025

ISBN 978-83-8084-134-5

Redakcja: Dariusz Pohl

Recenzenci wydawniczy:

Prof. dr hab. inż. Lucyna Jaworska, Akademia Górniczo- Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych

Prof. dr hab. inż. Janusz Konstanty, Akademia Górniczo- Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Monografia, którą wskazałam jako główne osiągnięcie naukowe do postępowania habilitacyjnego, jest podsumowaniem moich badań dotyczących zagadnień spiekania kompozytów o osnowie stali austenitycznej 316L wzmocnianych dwuborkiem tytanu. Istotny wkład mojej pracy habilitacyjnej do nauki w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa dotyczy zarówno rozwoju metodyki badawczej, jak i wiedzy poznawczej w zakresie spiekanych metalowych materiałów kompozytowych, na przykładzie kompozytu stal austenityczna 316L-TiB<sub>2</sub>.

Podstawowym celem naukowym prac badawczych przedstawionych w niniejszej monografii było opracowanie i otrzymanie spiekane go materiału kompozytowego o osnowie stali austenitycznej 316L wzmocnionego dwuborkiem tytanu przy wykorzystaniu nowoczesnych technik: spiekania wysokociśnieniowego HP-HT i metody SPS/FAST.

*Sulima*

Rozwój współczesnej techniki i coraz większe wymagania przemysłu prowadzą do poszukiwania nowych, często alternatywnych rozwiązań technologicznych, jak również opracowywania nowych materiałów o unikatowych właściwościach, których wytworzenie konwencjonalnymi metodami jest niemożliwe lub bardzo trudne. W swoich badaniach skoncentrowałam się głównie na materiałach kompozytowych. Temat badań, stanowiących podstawę osiągnięcia, został przeze mnie podjęty w 2009 roku w laboratorium Zakładu Inżynierii i Technologii Materiałów, Instytutu Techniki. Prace eksperymentalne w tej tematyce prowadziłam we współpracy z Instytutem Zaawansowanych Technologii w Krakowie, który dysponuje urządzeniami do spiekania wysokociśnieniowego HP-HT i spiekania metodą SPS/FAST.

Swoje zainteresowania otrzymywaniem materiałów kompozytowych o osnowie stopów żelaza skierowałam na ciśnieniowe metody spiekania. Złożone procesy fizyczne i chemiczne zachodzące podczas spiekania powodują zmianę wymiarów, mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych i fizykochemicznych spiekane go materiału. Zmiany te mają charakter jakościowy (zastąpienie styku powierzchni utlenionych stykiem powierzchni metalicznych, ceramicznych) i ilościowy (wzrost gęstości). Na przebieg procesu spiekania ma wpływ wiele czynników takich jak: parametry procesu (temperatura, czas, atmosfera, ciśnienie, aktywatory spiekania), wielkości charakteryzujące wstępnie uformowany z proszku wyrób (np. wielkość cząstek proszku, jego skład chemiczny i fazowy, gęstość i niejednorodność materiału po formowaniu), jak również czynniki związane z mikrostrukturą i właściwościami spiekane go materiału (współczynnik dyfuzji, lepkość, budowa krystalograficzna, wielkość ziarna, obecność tlenków). Dobór tych czynników wpływa bezpośrednio na otrzymanie zoptymalizowanych właściwości spiekanych materiałów. Kluczowym zagadnieniem w mojej pracy badawczej był wybór metody spiekania. **Nowością prezentowanej pracy jest zastosowanie nowoczesnych metod spiekania takich jak metoda wysokociśnieniowa HP-HT lub metoda SPS/FAST do wytwarzania kompozytów o osnowie stali austenitycznej 316L wzmocnionych  $TiB_2$ .** Metody te różnią się mechanizmami i kinetyką procesu spiekania, co wpływa znacząco na mikrostrukturę spiekane go materiału, a co za tym idzie na jego właściwości fizyczne, mechaniczne i użytkowe. W porównaniu z konwencjonalnym spiekaniem, metodę HP-HT cechują unikalne zalety, do których zaliczyć można między innymi obniżenie temperatury spiekania, skrócenie czasu spiekania (do kilku minut), całkowite zagęszczanie materiału i ograniczenie rozrostu ziarna. Do głównych

powodów zastosowania metody SPS/FAST można zaliczyć: obniżenie temperatury spiekania, skrócenie czasu procesu i możliwość spiekania bez stosowania aktywatorów.

W monografii sformułowałam następującą tezę badawczą:

**Zastosowanie metod ciśnieniowych w procesie spiekania kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> pozwala otrzymać materiał o bardzo dobrych właściwościach fizycznych i mechanicznych, dużej odporności na zużycie tribologiczne przy zachowaniu dobrej odporności korozyjnej.**

W części pracy opisującej aktualny stan wiedzy przedstawiłam zagadnienia związane z procesami zachodzącymi podczas spiekania. Skupiłam się na opisie wybranych metod *in situ* i *ex situ* stosowanych do spiekania kompozytów o osnowie metalowej. W przypadku metod *in situ* faza wzmacniająca powstaje w sposób naturalny w wyniku inicjowanych i kontrolowanych reakcji chemicznych. Powoduje to redukcję kosztów i wpływa korzystnie na właściwości materiału. Z kolei metody *ex situ* to metody, w których faza wzmacniająca jest wprowadzana do osnowy podczas przygotowania mieszaniny proszków kompozytowych. Moje prace badawcze skupiły się wyłącznie na metodach spiekania *ex situ*. W oparciu o informacje literaturowe w pracy przedstawiłam stan wiedzy dotyczący kompozytów o osnowie stopów żelaza. W literaturze przedmiotu istnieją udokumentowane dane dotyczące wpływu tlenków (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>), węglików (TiC, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, VC, B<sub>4</sub>C), azotków (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) oraz borków (TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>) na właściwości kompozytów o osnowie stopów żelaza. Większość tych prac dotyczy optymalizacji procesu spiekania oraz określenia wpływu różnych warunków spiekania i ilości fazy wzmacniającej na właściwości fizyczne oraz mikrostrukturę takich materiałów. W pracach tych badano również właściwości mechaniczne i tribologiczne kompozytów stalowych wzmacnianych różnymi cząstkami ceramicznymi. Przeprowadzona analiza literaturowa aktualnego stanu wiedzy wskazała kierunki badań i wytwarzania kompozytów o osnowie stopów żelaza. Jako fazę wzmacniającą wybrałam dwuborek tytanu, ponieważ charakteryzuje się unikatową kombinacją właściwości fizykochemicznych, mechanicznych, bardzo dobrą odpornością na korozję, stabilnością chemiczną i strukturalną w wysokich temperaturach oraz odpornością na szoki cieplne.

**W oparciu o dane literaturowe stwierdziłam, że nie prowadzono dotychczas badań w kierunku wytworzenia kompozytów o osnowie stali austenitycznej 316L wzmocnionych**

**TiB<sub>2</sub> stosując nowoczesne technologie wykorzystujące wysokie ciśnienia lub prąd impulsowy.**

Materiał wyjściowy do otrzymania spieków kompozytowych stanowiły komercyjne proszki stali austenitycznej 316L o wielkości cząstek ok. 25 μm i dwuborku tytanu (TiB<sub>2</sub>) o wielkości cząstek ok. 2,5-3,5 μm. W ramach prowadzonych badań przeprowadziłam procesy spiekania kompozytów o osnowie stali austenitycznej 316L z różnym udziałem TiB<sub>2</sub> (2%obj., 4%obj., 6%obj. i 8%obj.). Ze względu na uproszczenie nazewnictwa w niniejszym opracowaniu przyjęto skrócone oznaczenie dla kompozytów według następującego zapisu: *stal+8%TiB<sub>2</sub>* (gdzie: *stal* oznacza stal austenityczną 316L, *8%TiB<sub>2</sub>* – oznacza 8%obj. TiB<sub>2</sub>).

Pierwszym zadaniem do opracowania było przygotowanie jednorodnych mieszanek proszków kompozytowych. Dzięki finansowaniu z Europejskiego Projektu Operacyjny Kapitał Ludzki odbyłam 3-miesięczny staż naukowy w Centrum Inżynierii Materiałowej i Techniki Spiekania Instytutu Zaawansowanych Technologii Wytwarzania w Krakowie. Moim głównym zadaniem podczas stażu było opracowanie technologii przygotowania mieszanin proszków kompozytowych. Dobór metody i warunków pozwala określić parametry mieszania, które gwarantują otrzymanie mieszanek jednorodnych bez aglomeratów fazy wzmacniającej. **Na podstawie przeprowadzonych badań własnych potwierdziłam, że metoda mieszania w mieszalniku Turbula przez 8 godzin na sucho jest wystarczająca do przygotowania jednorodnych mieszanin kompozytowych o różnym udziale objętościowym TiB<sub>2</sub> (2-8% obj.).**

W swoich badaniach naukowych wykorzystałam dwie metody spiekania do wytworzenia kompozytów stal-TiB<sub>2</sub>. Spiekanie metodą HP-HT przeprowadziłam na prasie stosując komorę typu Bridgman'a w temperaturze 1000°C i 1300°C przy ciśnieniu 5 GPa i 7 GPa. Natomiast spiekanie metodą SPS/FAST przeprowadziłam na urządzeniu typu SPS HP 5 firmy FCT Systems GmbH w temperaturze 1000°C i 1100°C dla dwóch czasów spiekania 5 minut i 30 minut. Wykonałam badania optymalizacyjne parametrów spiekania dla kompozytów stalowych z TiB<sub>2</sub>. Moje badania miały na celu określenie optymalnych parametrów spiekania dla metody HP-HT (temperatura i ciśnienie) i SPS/FAST (temperatura i czas). Jako główne kryterium optymalizacyjne przyjęłam gęstość i moduł Younga otrzymanych spieków kompozytowych. Analiza wyników na tym etapie badań wskazała, że temperatura jest decydującym parametrem spiekania metodą HP-HT i SPS/FAST. **W pracy wykazałam, że spiekanie metodą HP-HT w temperaturze 1300°C pozwala osiągnąć bardzo**

dużą gęstość ( $\geq 99\%$ ) i wysokie wartości modułu Younga ( $\geq 204$  GPa) dla kompozytów stal-TiB<sub>2</sub>. Natomiast spiekanie metodą SPS/FAST w temperaturze 1100°C pozwala również osiągnąć dla kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> bardzo dużą gęstość ( $> 98\%$ ) i wysokie wartości modułu Younga ( $> 206$  GPa). Badania wstępne przeprowadzone przy współpracy z Instytutem Zaawansowanych Technologii Wytwarzania w Krakowie pozwoliły na przygotowanie projektu badawczego, który uzyskał pozytywną ocenę i finansowanie. W latach 2011-2014 projekt został realizowany pod moim kierownictwem (załącznik 3, poz. II.J.2). Wyniki badań prowadzonych w tym projekcie były publikowane (załącznik 3, pkt. IIA; według wykazu publikacji poz. 2,4,6 pkt. IIE; według wykazu publikacji poz.23,25,26,31) i prezentowane na konferencjach zagranicznych (Kanada, Portugalia) oraz krajowych (załącznik 3, pkt. III; według wykazu konferencji poz.9, 10, 12, 13,17,18).

W kolejnych etapach moich prac badawczych podjęłam próbę wyjaśnienia wpływu ilości fazy wzmacniającej TiB<sub>2</sub>, ciśnienia spiekania (5 GPa i 7 GPa dla metody HP-HT) oraz czasu spiekania (5 minut i 30 minut dla metody SPS/FAST) na mikrostrukturę, właściwości mechaniczne i użytkowe kompozytów stal-TiB<sub>2</sub>. W mojej pracy habilitacyjnej przedstawiłam wyniki badań uzyskanych przy wykorzystaniu szeregu metod badawczych. Badano mikrostrukturę spiekanych kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> stosując mikroskopię optyczną, skaningową mikroskopię elektronową i transmisyjną mikroskopię elektronową, skład chemiczny (mikroanaliza rentgenowska WDS i EDS) oraz skład fazowy (analiza rentgenowska i analiza EBSD). Analizy literatury potwierdziły, że mikrostruktura spiekane go kompozytu zależy od wielu czynników takich jak warunki wytwarzania, właściwości osnowy metalowej, właściwości, rodzaj i udział fazy wzmacniającej, jednorodne rozmieszczenie fazy wzmacniającej. Złożoność tych zagadnień spowodowała, że równoległe do badań eksperymentalnych prowadziłam obliczenia teoretyczne (analizę termodynamiczną). Przeprowadzone obliczenia były rezultatem nawiązanej współpracy z Panem prof. dr hab. Bogusławem Onderką z Wydziału Metali Nieżelaznych AGH.

**Analiza termodynamiczna jest istotnym osiągnięciem naukowym mojej pracy. Dotyczy ona określenia równowagi faz w układzie wieloskładnikowym Fe-Ti-B-Cr-Mo-Ni.** Podjęcie tego problemu było niezmiernie ważne, ponieważ możliwość określenia równowag fazowych pozwoliła przewidzieć skład fazowy i zrozumieć procesy zachodzące podczas spiekania metodami HP-HT i SPS/FAST. Wiedza o właściwościach termodynamicznych



układów złożonych jest istotna dla kształtowania właściwości i mikrostruktury materiałów wieloskładnikowych takich jak kompozyty o osnowie metalowej wzmocnionych fazą ceramiczną. W przeprowadzonej analizie termodynamicznej zastosowano metodę obliczeniową Calphad, której wynikiem było opracowanie diagramów fazowych. W metodzie tej proces modelowania termodynamicznego układu fazowego polega na optymalizacji funkcji energii swobodnej Gibbsa dla każdej z występujących w danym układzie faz na podstawie oceny spójnych eksperymentalnych danych termodynamicznych i topologicznych metodami optymalizacyjnymi (np. Newtona-Raphsona). W przeprowadzonej analizie układu Fe-Ti-B-Cr-Mo-Ni zastosowałam symulację, w której do materiału wyjściowego (stali austenicznej 316L) dodaje się różne ilości fazy ceramicznej  $TiB_2$  (2-8% obj.). Druga część analizy termodynamicznej dotyczyła przeprowadzenia symulacji procesu krystalizacji, ponieważ opracowane wykresy równowagowe nie pozwoliły wprost ocenić ilości faz występujących w równowadze w zadanej temperaturze, jak również nie uwzględniły skończonego czasu krzepnięcia materiałów po procesie spiekania (60 sek. dla HP-HT; 5 min i 30 min dla SPS/FAST). Na tym etapie obliczenia dotyczyły wyznaczenia nierównowagowych ścieżek krzepnięcia dla stopów o wybranych stężeniach składników wzdłuż określonej izoplety (przekroju układu). W obliczeniach zachowano stały stosunek masowy B:Ti = 1:2 dla ceramiki  $TiB_2$  zastosowanej jako faza wzmocniająca spiekane kompozyty o osnowie stali austenicznej. Jako metodę symulacji krzepnięcia zastosowano technikę zwaną „modelem Scheila” (Sheila-Gullivera), która pozwoliła na wyznaczenie nierównowagowych ścieżek krzepnięcia dla analizowanych materiałów. Zgodnie z wynikami na początku krzepnięcia pierwszą fazą, jaka wydzieliła się z fazy ciekłej jest  $TiB_2$ , a następnie stały roztwór graniczny  $\gamma$ -Fe. W kolejnym etapie krzepnięcia w stopach o niskiej zawartości Ti i B wydzieliła się faza bazująca na żelazie ( $\delta$ -Fe). Następnie z roztworu ciekłego wydzielają się fazy  $Cr_2B$  i  $M_3B_2$ , w kolejności zależnej od składu stopu. **Przeprowadzona analiza termodynamiczna może służyć w praktyce do oszacowania temperatury końca krystalizacji w procesach nierównowagowych i do określenia zawartości faz w materiale kompozytowym o osnowie stopów żelaza po procesie spiekania.** Określenie faz na podstawie obliczeń termodynamicznych dla procesów nierównowagowych, jaki są m.in. spiekanie metodą HP-HT czy SPS/FAST, jest bardzo trudnym zagadnieniem. **W mojej pracy wyniki obliczeń termodynamicznych zweryfikowałam w oparciu o eksperyment tzn. o wyniki analiz fazowych otrzymanych dla kompozytów stal- $TiB_2$  spiekanych metodami HP-HT i SPS/FAST.**

W zakresie prowadzonych badań mikrostrukturalnych oraz składu chemicznego i fazowego zastosowałam kilka metod badawczych. Analizy przeprowadzone na mikroskopie optycznym i skaningowym mikroskopie elektronowym potwierdziły jednorodną, bezporowatą mikrostrukturę otrzymanych spieków kompozytowych. Na tym etapie badań istotnym zagadnieniem było określenie wpływu warunków i metody spiekania, jak również ilości ceramicznej fazy wzmacniającej na mikrostrukturę kompozytu stal-TiB<sub>2</sub>. Dzięki współpracy z Panią dr inż. Sonią Boczkal z Instytutu Metali Nieżelaznych w Gliwicach Oddział Metali Lekkich w Skawinie określiłam skład fazowy spiekanych kompozytów. Zidentyfikowałam nowe fazy o różnej morfologii i wielkości, w zależności od zastosowanej metody i warunków spiekania. Dla kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> spiekanych metodą HP-HT zaobserwowałam obecność wydzielań zawierających dużą ilość niklu. Dokładne analizy fazowe potwierdzały, że jest to faza Cr<sub>0,18</sub>Fe<sub>0,09</sub>Ni<sub>0,73</sub> charakteryzująca się strukturą regularną. Obserwacje mikrostrukturalne wykazały, że granica rozdziału między dwuborkiem tytanu i stalową osnową jest miejscem uprzywilejowanym do zarodkowania i wzrostu fazy Cr<sub>0,18</sub>Fe<sub>0,09</sub>Ni<sub>0,73</sub>. Porównując te wyniki z obliczeniami termodynamicznymi **potwierdziłam, że obliczenia termodynamiczne przeprowadzone dla układu wieloskładniowego Fe-Ti-B-Cr-Mo-Ni nie wskazały na obecność wydzielań fazy Cr<sub>0,18</sub>Fe<sub>0,09</sub>Ni<sub>0,73</sub> przy założeniu warunków równowagowych i nierównowagowych.** Na podstawie analizy wyników badań mikrostrukturalnych wykazałam, że zastosowane parametry spiekania metodą HP-HT (wysokie ciśnienie, bardzo krótki czas, temperatura) są warunkami odbiegającymi od założonych warunków w analizie termodynamicznej.

**W przypadku zastosowania metody SPS/FAST moim osiągnięciem jest wykazanie, że skład fazowy kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> jest częściowo zgodny z obliczeniami termodynamicznymi przeprowadzonymi dla układu wieloskładniowego Fe-Ti-B-Cr-Mo-Ni przy założeniu warunków równowagowych i nierównowagowych.** Moje badania wykazały, że struktura fazowa kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> spiekanych metodą SPS/FAST jest złożona. W mikrostrukturze takich materiałów potwierdziłam obecność fazy Cr<sub>0,18</sub>Fe<sub>0,09</sub>Ni<sub>0,73</sub> na granicy stalowa osnowa/TiB<sub>2</sub>. Jednak jej udział w mikrostrukturze jest zdecydowanie mniejszy niż w przypadku kompozytów otrzymanych metodą wysokociśnieniową HP-HT. Zaobserwowałam obecność dużej ilości drobnych wydzielań rozmieszczonych w osnowie kompozytów stal-TiB<sub>2</sub>. Miejscowo na granicy rozdziału stal-TiB<sub>2</sub> obserwowano obecność fazy  $\sigma$ . **Przeprowadzone analizy składu chemicznego i fazowego wskazały na obecność dwóch złożonych borków:**

Cr<sub>0,2</sub>Fe<sub>1,8</sub>B i (Cr,Fe,Mo,Ni,Ti)<sub>3</sub>B<sub>2</sub>, które odpowiadają borkom typu M<sub>2</sub>B i M<sub>3</sub>B<sub>2</sub>. Obydwa borki charakteryzują się strukturą tetragonalną. Zgodnie z wynikami analiz termodynamicznych w analizowanym układzie Fe-Ti-B-Cr-Mo-Ni z fazy ciekłej wydzielają się kolejno: faza TiB<sub>2</sub>, stały roztwór graniczny o strukturze regularnej γ-Fe i faza bazująca na żelazie o strukturze regularnej δ-Fe, a następnie wydzielają się fazy Cr<sub>2</sub>B i M<sub>3</sub>B<sub>2</sub>, w sekwencji zależnej od składu stopu (w obliczeniach założono zmianę składu 0,5%-3,5% mas. boru oraz 1%-7% mas. tytanu). Badania mikroskopowe pozwoliły określić wpływ udziału fazy wzmacniającej i czasu spiekania metodą SPS/FAST na ilość i wielkość powstałych wydzieleni (borków złożonych) w osnowie. Zaobserwowałam, że wraz ze wzrostem zawartości TiB<sub>2</sub> zwiększa się ilość faz borkowych w stalowej osnowie. Na podstawie analizy badań mikrostrukturalnych potwierdziłam, że wraz ze wzrostem czasu spiekania zwiększa się ilość oraz rozmiary faz borkowych w całej objętości materiału kompozytowego. Wyniki obliczeń termodynamicznych, składu fazowego i badań mikrostrukturalnych prezentowałam w formie wygłoszonego referatu na konferencjach zagranicznych w Portugalii i we Włoszech oraz jako "invited speaker" podczas seminarium *Using of advanced pressure methods for sintering materials* organizowanego w ramach międzynarodowego projektu FP7-REGPOT-2012-2013-1 SINTERCER " (załącznik 3, pkt. III; według wykazu konferencji poz.18,22,28).

W pracy przedstawiłam wyniki wybranych badań właściwości mechanicznych spiekanych kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> stosując trzy metody badawcze: pomiary mikrotwardości (metodą Vickersa), próbę ściskania i próbę rozciągania. W ramach prowadzonych badań przeprowadziłam testy ściskania na próbkach o wymiarach: φ3x4,5 mm, z uwzględnieniem podwyższonych temperatur (600°C i 800°C). W przypadku nowoczesnych technik spiekania często otrzymuje się próbki o niewielkich wymiarach. Analiza stanu zagadnienia w obszarze prowadzonych badań wykazała, że w wielu przypadkach prac badawczych stosowano tylko pomiary twardości lub próby ściskania do charakterystyki właściwości mechanicznych spiekanych materiałów kompozytowych. Po przeprowadzonym procesie spiekania otrzymane spieki kompozytowe miały wymiary odpowiednio: h=4-5 mm, φ=15 mm (metoda HP-HT) i h=7-8 mm, φ=20 mm (metoda SPS/FAST). Istotnym problemem, koniecznym do rozwiązania w celu wyznaczenia kompleksowych właściwości mechanicznych była konieczność opracowania metody badań właściwości mechanicznych w skali mikro z uwzględnianym podwyższonych temperatur. Dzięki współpracy z pracownikami Katedry Nauki o Materiałach i Inżynierii Metali Nieżelaznych, Wydziału Metali Nieżelaznych AGH,

rozwiązano to zagadnienie. Zespół badaczy pod moim kierownictwem zaprojektował i przygotował stanowisko pomiarowe umożliwiające wykonywanie prób rozciągania w skali mikro. Opracowano również metodykę przygotowania mikropróbek, co pozwoliło otrzymać z jednego spieku kompozytowego 7-8 mikropróbek do testów rozciągania. Wymiary wykorzystanych próbek do testów to: 0,5 x 0,5 mm - przekrój poprzecznym, 5mm - baza pomiarowa. **Na tym etapie prac badawczych moim osiągnięciem było opracowanie metodyki prowadzenia badań właściwości mechanicznych (próba rozciągania) na mikropróbkach w zakresie temperatury do 800°C.**

Na podstawie uzyskanych wyników mikrotwardości potwierdziłam, że kompozyty spiekane metodą SPS/FAST charakteryzują się wyższą mikrotwardością w zależności od udziału  $TiB_2$  w osnowie w porównaniu do materiałów otrzymanych metodą HP-HT. Badania wykazały, że dodanie do stali austenitycznej już 2% obj. dwuborku tytanu zwiększa mikrotwardość w porównaniu do mikrotwardości spiekanej stali 316L. Z badań wynika, że wraz ze wzrostem udziału cząstek  $TiB_2$  w stalowej osnowie mikrotwardość rośnie. Jest to efekt obecności ceramicznej fazy wzmacniającej  $TiB_2$  charakteryzującej się bardzo wysoką twardością (3300 HV). Wykazałam, że kompozyty zawierające 8%  $TiB_2$  charakteryzują się najwyższą mikrotwardością niezależnie od zastosowanej metody spiekania. Przykładowo dla kompozytów stal-8% $TiB_2$  otrzymanych w 1100°C dla czasu spiekania 5 minut (SPS/FAST) mikrotwardość wynosi 365 HV<sub>0,3</sub>. Natomiast dla tych samych materiałów spiekanych w temperaturze 1300°C pod ciśnieniem 5 GPa (HP-HT) mikrotwardość wynosi 282 HV<sub>0,3</sub>. Zaobserwowałam różnice w mikrotwardości dla tych samych kompozytów otrzymanych różnymi metodami wynikają ze zmian w mikrostrukturze. Na podstawie badań mikrostrukturalnych stwierdziłam, że podczas procesu spiekania metodą SPS/FAST powstają borki złożone, których obecność ma wpływ na mikrotwardość jak również na inne właściwości mechaniczne określone podczas prób rozciągania i ściskania.

**W swoich badaniach (testach ściskania i rozciągania) potwierdziłam, że materiały kompozytowe spiekane metodą SPS/FAST charakteryzują się gorszymi właściwościami mechanicznymi w porównaniu z kompozytami spiekanymi metodą HP-HT. W oparciu o przeprowadzone badania stwierdziłam, że właściwości wytrzymałościowe i plastyczne kompozytów stal- $TiB_2$  spiekanych metodą HP-HT i SPS/FAST zależą od warunków spiekania oraz ilości fazy wzmacniającej. Prowadzone badania wykazały, że zastosowanie metody HP-HT pozwala otrzymać materiały kompozytowe o dobrej plastyczności oraz dobrych**

*Sulive*

właściwościach wytrzymałościowych. W przypadku takich materiałów ilość fazy wzmacniającej  $TiB_2$  nie wpływała znacząco na wytrzymałość na rozciąganie, natomiast istotnie obniża właściwości plastyczne. Wraz ze wzrostem zawartości  $TiB_2$  w stalowej osnowie plastyczność zmniejsza się. **Istotnym parametrem, który ma wpływ na plastyczność kompozytów stal- $TiB_2$  jest ciśnienie spiekania (metoda HP-HT).** W badaniach wykazałam, że kompozyty spiekane pod ciśnieniem 5 GPa charakteryzują się prawie dwukrotnie lepszą plastycznością niż próbki otrzymane pod ciśnieniem 7 GPa.

Dla materiałów kompozytowych spiekanych metodą SPS/FAST zbadane właściwości wytrzymałościowe miały niższe wartości w porównaniu z materiałami otrzymanymi metodą HP-HT. Na podstawie uzyskanych wyników potwierdziłam, że zwiększenie udziału  $TiB_2$  (od 2% obj. do 8% obj.) skutkuje wzrostem wytrzymałości na rozciąganie z równoczesnym spadkiem plastyczności kompozytów spiekanych metodą SPS/FAST. Przykładowo dla kompozytów zawierających 2%  $TiB_2$  i 8%  $TiB_2$  wytrzymałość na rozciąganie wynosi odpowiednio 660 MPa i 735 MPa (dla 30 minut spiekania). Natomiast wydłużenie wynosi odpowiednio: 31,2% i 11,5%. **W toku badań wykazałam, że na właściwości mechaniczne kompozytów otrzymanych metodą SPS/FAST wpływa czas spiekania.** Najlepszymi właściwościami wytrzymałościowymi i plastycznymi charakteryzują się kompozyty stal- $TiB_2$  otrzymane przy dłuższym czasie spiekania 30 min (SPS/FAST). Wyniki tych badań zaprezentowałam w formie wygłoszonego referatu jako "invited speaker" podczas seminarium *Field Assistant Sintering Technology and Advanced Materials* organizowanego w ramach międzynarodowego projektu FP7-REGPOT-2012-2013-1 SINTERCER (załącznik 3, pkt. III; według wykazu konferencji poz.24).

W przypadku przeprowadzonych prób ściskania potwierdziłam, że właściwości mechaniczne kompozytów stal- $TiB_2$  spiekanych metodą SPS/FAST są niższe o około 15-20% w porównaniu z właściwościami tych samych kompozytów otrzymanych metodą HP-HT. Na podstawie otrzymanych wyników badań wykazałam, że wraz ze wzrostem udziału objętościowego fazy wzmacniającej  $TiB_2$  poprawia się wytrzymałość na ściskanie ( $R_c$ ) badanych kompozytów niezależnie od metody spiekania.

Na podstawie analizy badań zaobserwowano zależność właściwości wytrzymałościowych i plastycznych od temperatury testów rozciągania i ściskania. Potwierdziłam, że wzrost temperatury odkształcania (dla testów rozciągania: 20-400-800°C; dla testów ściskania: 20-600-800°C) powoduje spadek właściwości mechanicznych,

niezależnie od zastosowanej metody spiekania. Wyniki badań właściwości wytrzymałościowych spiekanych kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> były przez mnie opublikowane w czasopiśmie znajdujących się w bazie JCR (załącznik 3, pkt. IIA; według wykazu publikacji poz.8,12,14,16)

Kolejnym etapem moich prac były badania w kierunku określenia właściwości użytkowych spiekanych kompozytów. Podstawą określenia przydatności materiałów kompozytowych do potencjalnego zastosowania jest poznanie ich właściwości użytkowych w tym odporności korozyjnej i odporności na ścieranie. Badania wniosły nowy aspekt do charakterystyki właściwości korozyjnych i tribologicznych kompozytów spiekanych metodami HP-HT i SPS/FAST. Badania korozyjne prowadzono w agresywnym środowisku 0,1 mol/dm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> stosując dwie techniki badawcze: liniową woltamperometrię (badania potencjodynamiczne) i elektrochemiczną impedancję spektroskopową (metodę impedancyjną). **Na podstawie otrzymanych wyników badań wykazałam różnicę w odporności korozyjnej w zależności od metody i warunków spiekania próbki oraz od ilości fazy wzmacniającej TiB<sub>2</sub>.** Moje badania potwierdziły, że wraz ze wzrostem ilości fazy wzmacniającej TiB<sub>2</sub> pogarsza się odporność na korozję w roztworze H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Najlepszą odporność korozyjną otrzymałam dla kompozytów zawierających 2%TiB<sub>2</sub> niezależnie od zastosowanej metody spiekania.

Przeprowadzona interpretacja wyników pod kątem wpływu warunków spiekania wykazała, że odporność korozyjna zależy od ciśnienia spiekania metodą HP-HT. Potwierdziłam, że lepszą odpornością korozyjną charakteryzują się kompozyty stal-TiB<sub>2</sub> spiekane pod ciśnieniem 7 GPa. W przypadku metody SPS/FAST zaobserwowałam, że wydłużanie czasu spiekania (do 30 min.) wpływa korzystnie na odporność korozyjną. Przeprowadzone przeze mnie badania wykazały, że metoda spiekania ma wpływ na właściwości korozyjne kompozytów. Odporność korozyjna kompozytów spiekanych metodą wysokociśnieniową jest wyższa w porównaniu z tymi samymi materiałami wytworzonymi metodą SPS/FAST. Zostało to potwierdzone badaniami mikrostrukturalnymi powierzchni kompozytów po badaniach korozyjnych w roztworze H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Podczas badań mikroskopowych powierzchni próbek (SPS/FAST) zaobserwowano występowanie ciągłej popękanej warstwy tlenkowej. Stwierdzono również lokalną degradację powierzchni próbek w postaci dużych wżerów. Natomiast powierzchnia kompozytów otrzymanych metodą HP-HT po badaniach korozyjnych zmieniła się w niewielkim stopniu. Zaobserwowałam tylko bardziej ujawnione

wyraźne granice ziarn. Lokalnie w okolicach fazy wzmacniającej  $TiB_2$  pojawiały się niewielkie wżery i ubytki w stalowe osnowie. **W swoich badaniach wykazałam, że na odporność korozyjną kompozytów stal- $TiB_2$  wpływają warunki spiekania, gęstość pozorna, mikrostruktura jak również ilość fazy wzmacniającej.**

Podsumowaniem moich prac badawczych było określenie odporności na zużycie spiekanych kompozytów stal- $TiB_2$ . Badania realizowałam przy zastosowaniu metody ball-on-disc w temperaturze pokojowej w warunkach tarcia suchego. Uzyskane wyniki jednoznacznie wykazały wpływ warunków spiekania na właściwości tribologiczne kompozytów stal- $TiB_2$ . Otrzymałam mniejsze wartości współczynnika tarcia i wskaźnika zużycia dla kompozytów spiekanych pod ciśnieniem 7 GPa (HP-HT). Podobną tendencję zaobserwowałam w przypadku materiałów spiekanych metodą SPS/FAST, gdzie zastosowanie dłuższego czasu spiekana (30 min.) wpłynęło na zmniejszenie zużycia materiałów.

Analiza porównawcza wyników badań dla kompozytów spiekanych metodą HP-HT i SPS/FAST wskazała na pozytywny wpływ cząstek  $TiB_2$  na odporność na zużycie kompozytów stal- $TiB_2$ . **W badaniach wykazałam, że współczynnik tarcia i zużycie kompozytu zmniejszają się wraz ze wzrostem zawartości  $TiB_2$  w stalowej osnowie.** Najlepsze właściwości tribologiczne otrzymałam dla kompozytów zawierających 8% $TiB_2$  niezależnie od zastosowanej metody spiekania.

**Na podstawie wyników potwierdziłam, że kompozyty stal- $TiB_2$  spiekane metodą SPS/FAST charakteryzują się lepszą odpornością na zużycie.** Badania tribologiczne wykazały dla materiałów otrzymanych metodą SPS/FAST współczynniki tarcia mniejsze o 20-30% i wartości wskaźnika zużycia mniejsze o 20-40% w porównaniu z materiałami spiekаныmi metodą HP-HT. Weryfikując te wyniki z badaniami mikrostrukturalnymi (SEM i TEM) stwierdzono, że na poprawę odporności na zużycie kompozytów stal- $TiB_2$  ma wpływ skład fazowy. Wynika to z faktu, że w warunkach SPS/FAST może działać jednocześnie kilka mechanizmów (aktywacja powierzchni, dyfuzja, nadtapianie, tworzenie szyjek między cząstkami spiekane go proszku, plastyczne płynięcie), które mogą sprzyjać powstawaniu faz o różnej morfologii i różnej wielkości (borków złożonych) w mikrostrukturze kompozytu stal- $TiB_2$ . Wyniki prezentowałam w formie wygłoszonego referatu podczas międzynarodowej konferencji w Czechach i w trakcie cyklicznego seminarium (VII Seminarium) organizowanego przez Komisję Metalurgiczno-Odlewniczą PAN O/Kraków (załącznik 3, pkt. III; według wykazu konferencji poz.16, 20).

Suliva

**W wyniku przeprowadzonych prac badawczych, przedstawionych w prezentowanej monografii, wskazanej jako moje osiągnięcie stanowiące znaczny wkład do dyscypliny Inżynieria Materiałowa, potwierdziłam, że stosując metody ciśnieniowe do spiekania kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> możliwe jest otrzymanie materiału o bardzo dobrych właściwościach fizycznych i mechanicznych, dużej odporności na zużycie tribologiczne przy zachowaniu dobrej odporności korozyjnej.**

W monografii wykazałam, że opracowane kompozyty stal-TiB<sub>2</sub> otrzymane metodami HP-HT i SPS/FAST są materiałami zróżnicowanymi pod względem składu fazowego, mikrostruktury i właściwości. Przeprowadzone badania porównawcze wskazują na możliwość wykorzystania metody wysokociśnieniowej (HP-HT) oraz metody iskrowego spiekania plazmowego (SPS/FAST) jako alternatywnych sposobów spiekania kompozytów stal-TiB<sub>2</sub>.

Spiekanie metodą HP-HT w temperaturze 1300°C pod ciśnieniem 5GPa kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> pozwala otrzymać materiały charakteryzujących się najlepszą kombinacją właściwości plastyczno-mechanicznych, korozyjnych i tribologicznych.

Prace badawcze potwierdziły możliwość wytworzenia kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> przy zastosowaniu metody SPS/FAST przy niższej temperaturze spiekania 1100°C. Takie materiały charakteryzują się wysoką twardością i odpornością na zużycie z jednoczesnym obniżeniem właściwości fizycznych, plastyczno-mechanicznych i korozyjnych.



## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

### 5.1. Działalność naukowa prowadzona przed doktoratem

Jestem absolwentką Wydziału Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Studia ukończyłam w 1999 roku, uzyskując stopień naukowy magistra inżyniera. Pracę magisterską pod tytułem „Wpływ rodzaju pokrycia na własności połączenia w układzie Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>” realizowałam pod opieką prof. dr hab. inż. Borysa Mikułowskiego. W latach 1998-2004 współpracowałam z pracownikami Zakładu Fizykochemii Metali i Stopów Instytutu Odlewnictwa w Krakowie. W ramach tej współpracy zrealizowałam część badań dotyczących mojej pracy magisterskiej i doktorskiej. W trakcie realizacji pracy magisterskiej brałam udział w opracowaniu metody badań wytrzymałości połączeń metal/ceramika przy zastosowaniu próby ścinania metodą „push-off” na próbkach o dowolnym kącie zwilżania, nawet poniżej 10°. Takie rozwiązanie pozwoliło na doświadczalną weryfikację wpływu kąta zwilżania na właściwości wytrzymałościowe dowolnie badanych układów metal/ceramika, uwzględniając bardzo małe kąty zwilżania. W trakcie studiów byłam aktywnym członkiem Koła Naukowego Materiałoznawców przy Wydziale Metali Nieżelaznych. Efektem mojej pracy naukowej było zajęcie II miejsca na XXXV Sesji Studenckich Kół Naukowych Pionu Hutniczego AGH (1998 r.) z pracą pt.: „Wpływ obróbki cieplnej na własności staliwa FeNi30Cr25Nb”. W latach 1997-2005 byłam również członkiem Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pionu Hutniczego przy Wydziale Metali Nieżelaznych, AGH.

W 1999 roku rozpoczęłam 4-letnie studia doktoranckie w Katedrze Struktury i Mechaniki Ciała Stałego na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH. Moje zainteresowania naukowe dotyczyły zagadnień związanych z analizą zjawisk na granicy rozdziału metal/ceramika. W roku 2001 wszczęłam na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH przewód doktorski na temat „Wpływ wybranych parametrów fizyko-chemicznych na własności połączenia Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>” realizowany pod kierunkiem Pana prof. dr hab. inż. Borysa Mikułowskiego. W tym czasie rozpoczęłam też realizację grantu promotorskiego przyznanego przez KBN (nr 7 T08C 047 21; 2001-2003) w celu częściowego sfinansowania prac związanych z doktoratem. Głównym celem tego projektu było zbadanie mechanizmu tworzenia się nowych faz na granicy rozdziału Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oraz ich wpływu na właściwości połączenia metal/ceramika. Cel ten zrealizowano poprzez zastosowanie zmiennych

warunków eksperymentu (temperatury badań zwilżalności, czasu kontaktu ciekłego metalu z ceramiką, sposobu nagrzewania i chłodzenia próbek podczas łączenia) a także różnego składu chemicznego faz biorących udział w procesie łączenia. Uzyskane informacje o zjawiskach przebiegających na granicy rozdziału Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pozwoliły na optymalizację parametrów fizycznych i chemicznych wytwarzania trwałych połączeń Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Badania zwilżalności metodą kropli leżącej zostały zrealizowane we współpracy z Laboratorium Fizykochemii Metali i Stopów w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie.

Pracę doktorską pt.: „Wpływ wybranych parametrów fizyko-chemicznych na własności połączenia aluminium/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>” obroniłam w 2004 roku uzyskując tytuł doktora nauk technicznych w zakresie Inżynierii Materiałowej. Celem rozprawy doktorskiej było zbadanie wpływu krzemu oraz tytanu, stosowanych jako dodatki stopowe do aluminium, na właściwości wytrzymałościowe, zwilżalność, oraz na strukturę granicy rozdziału połączenia aluminium/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Celem badań było również wyjaśnienie zjawisk zachodzących przy granicy rozdziału połączenia AlTi6/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i AlSi11/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, oraz mechanizmów odpowiedzialnych za tworzenie faz, które decydują o właściwościach wytrzymałościowych połączenia metal/ceramika.

Podczas studiów doktoranckich w 2001 odbyłam 3-miesięczny staż naukowy w Fachhochschule Muenster w Niemczech. Podczas stażu poznałam metody hodowli monokryształów ceramiki oraz zajmowałam się głównie badaniami właściwości mechanicznych materiałów ceramicznych. Część pracy badawczej podczas tego stażu skoncentrowałam na przygotowaniu i badaniach mikrostrukturalnych podłoży ceramicznych Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> stosowanych w połączeniach metal/ceramika w mojej pracy doktorskiej.

Do uzyskania stopnia doktora (1999-2004 r.) byłam współautorem 11 publikacji, w tym jednej publikacji w czasopiśmie znajdujących się w bazie JCR:

1. Surowiak I.\* Wpływ temperatury i czasu na własności połączenia aluminium/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, XXVIII Szkoła Inżynierii Materiałowej, Kraków - Szczawnica, 3-6.X.2000, 347-352 (*\*publikowane pod panieńskim nazwiskiem Surowiak*)
2. Sobczak N., Asthana R., Książek M., Radziwiłł W., Mikułowski B, Surowiak I.\*, The Influence of wettability on the interfacial shear strength in the Al-Alumina system, Proc. of TMS Fall Meetings in St. Louis, Missouri, October 8-12, 2000 (*\*publikowane pod panieńskim nazwiskiem Surowiak*)

3. Książek M., Sobczak N., Mikułowski B., Radziwiłł W., Surowiak I\*. Wetting and bonding strength in Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system; Proc. of 8th Inter. Symposium on Physics of Materials (ISPMA 8), September 4-8 2000, Prague, Czech Republic (*\*publikowane pod panieńskim nazwiskiem Surowiak*)
4. Książek M., Sobczak N., Mikułowski B., Radziwiłł W., Surowiak I.\*, Influence of surface modification of alumina substrates on wetting-bond strength relationship in Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system, Abstract Book, Int. Conf. High Temperature Capillarity, HTC - 2000, Nov. 2000, Kurashiki, Japan (*\*publikowane pod panieńskim nazwiskiem Surowiak*)
5. Surowiak I.\*, Mikułowski B., Sobczak N., Książek M. Radziwiłł W., The bonding properties in Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system, 4.Steinfurter-Keramik-Seminar, Materials Research & Applications Superconductivity, 06-09. December 2000, Steinfurt, Germany, Seminar Proc. page 14-15 (*\*publikowane pod panieńskim nazwiskiem Surowiak*)
6. Książek M., Sobczak N., Mikułowski B., Radziwiłł W., Surowiak I.\*, Influence of surface modification of alumina substrates on wetting-bond strength relationship in Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system" Transactions of JWRI, 30, 2001, 119-124, Special Issue. (*\*publikowane pod panieńskim nazwiskiem Surowiak*)
7. Książek M., Sobczak N., Mikułowski B., Radziwiłł W., Surowiak I.\*, Wójcik M., Wpływ modyfikacji powierzchni tlenku glinu na zwilżalność i wytrzymałość połączenia w układzie Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, 2001, vol.21, 103-112 (*\*publikowane pod panieńskim nazwiskiem Surowiak*)
8. Sulima I., Książek M., Mikułowski B., Sobczak N., Radziwiłł W. Effect of Titanium on Wetting-Bond Strength Relationship in Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> System, 5.Steinfurter-Keramik-Seminar.12-8.12.2001, Steinfurt, Germany, Seminar Proc. page P-I
9. Sulima I., Mikułowski B., Wpływ krzemu na własności połączenia aluminium/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, XXX Szkoła Inżynierii Materiałowej Kraków-Ustroń Jaszowiec, 1-4 X, 2002, 275-281
10. Sulima I., Mikułowski B., Książek M., Sobczak N., Radziwiłł W., Effect of Silicon on Properties in Aluminium/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Connection, 6.Steinfurter-Keramik-Seminar, FH-Muenster, 15-19 December, 2002, Germany, Seminar Proc. page 5
11. Książek M., Sobczak N., Mikułowski B., Radziwiłł W., Surowiak I.\* Wetting and bonding strength in Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system, Materials Science and Engineering, 2002, A324, 162-167 (*\*publikowane pod panieńskim nazwiskiem I. Surowiak*)

W tym czasie wyniki moich badań prezentowałam na 5 konferencjach, w tym trzech zagranicznych:

1. Sulima I., Wpływ temperatury i czasu na własności połączenia aluminium/ $Al_2O_3$ , 4.X.2000, Szczawnica (wystąpienie własne)
2. Sulima I., The bonding properties in Al/ $Al_2O_3$  system, 8.XII.2000, Steinfurt, Niemcy, (wystąpienie własne)
3. Sulima I., *Mikułowski* B. The Influence of the Temperature, Aluminum Alloying and Surface Modification on the Properties in Al/ $Al_2O_3$  Connection, Autumn School 2001, „Diffusion and Reactions at Solid-Solid Interface” September 26<sup>th</sup> – October 2<sup>nd</sup>, 2001, Halle (Saale) (poster)
4. Sulima I., *Ksiazek* M, *Mikulowski* B., *Sobczak* N., *Radziwill* W. Effect of Titanium on Wetting-Bond Strength Relationship in Al/ $Al_2O_3$  System, 5.Steinfurter-Keramik-Seminar.12-8.12.2001, Steinfurt, Germany, (poster)
5. Sulima I., Wpływ krzemu na własności połączenia aluminium/ $Al_2O_3$ , 2.X.2002, Kraków-Ustroń Jaszowiec (wystąpienie własne)

W 2005 roku zostałam zatrudniona na stanowisku Asystenta w Instytucie Techniki na Wydziale Matematyczno-Fizyczno-Technicznym Uniwersytetu Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. Od 2007 roku pracuję jako adiunkt w Instytucie Techniki.

## **5.2. Działalność naukowa prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora**

Po uzyskaniu stopnia doktora moje zainteresowania naukowe skierowałam na nową tematykę związaną z zagadnieniami metalurgii proszków. W roku 2006 rozpoczęłam współpracę z Panią profesor *Lucyną Jaworską* i jej zespołem badawczym z Instytutu Zaawansowanych Technologii Wytwarzania (dawniej Instytut Obróbki Skrawaniem) w Krakowie, która trwa do dnia dzisiejszego. Dzięki tej współpracy mogłam w praktyce poznać różne technologie spiekania i ukierunkować swoje zainteresowania badawcze. W trakcie realizacji kolejnych zadań statutowych i badań własnych (2006-2018) moja działalność naukowa koncentrowała się głównie na wykorzystaniu nowoczesnych metod spiekania w otrzymywaniu materiałów ceramicznych i kompozytowych.

*Sulina*

Podjęmowane problemy badawcze dotyczyły w pierwszych latach opracowania technologii spiekania dwuborku tytanu bez dodatków do spiekania. Ceramika  $TiB_2$  jest materiałem charakteryzującym się unikatową kombinacją właściwości fizykochemicznych i mechanicznych. Materiał ten cechuje się bardzo dobrą odpornością na utlenianie, stabilnością chemiczną i strukturalną w wysokich temperaturach, odpornością na szoki cieplne oraz odpornością na ścieranie. Podjęcie tej tematyki badawczej wynikało z istniejących trudności związanych z procesem spiekania i wreszcie z otrzymaniem czystej i zwartej ceramiki  $TiB_2$ , o odpowiedniej gęstości. Zgodnie z literaturą zastosowanie dużej ilości aktywatorów spiekania wpływa korzystnie na zagęszczanie spiekane go dwuborku tytanu, z jednoczesną zmianą właściwości takiego materiału. Dlatego w pracach realizowanych w ramach badań własnych (2007r.) i badań statutowych (2007-2008r.) skupiłam się na opracowaniu i zoptymalizowaniu technologii spiekania ceramiki  $TiB_2$  bez dodatków do spiekania. W badaniach zastosowałam metodę spiekania wysokociśnieniowego (HP-HT), która pozwoliła uzyskać wysoki stopień zagęszczenia spieku ceramiki  $TiB_2$  z jednoczesnym obniżeniem temperatury (do  $1500^{\circ}C$ ) i skróceniem czasu spiekania (do 60 sekund). W tym samym czasie zajmowałam się również badaniami mikrostrukturalnymi porowatej ceramiki  $Al_2O_3$  przeznaczonej do infiltracji aluminium oraz wytworzeniem metodami odlewniczymi i badaniami właściwości mechanicznych kompozytów o osnowie stopów aluminium wzmocnionych ceramiką  $Al_2O_3$ .

W dalszym etapie swoją pracę naukowo-badawczą skoncentrowałam w obszarze materiałów kompozytowych o osnowie metalowej. W latach 2008-2009 jako wykonawca zadań statutowych i kierownik badań własnych (2010r.) zajmowałam się zagadnieniami wytwarzania kompozytów o osnowie aluminium, stopów aluminium i niklu. Rezultatem prowadzonych badań było opracowanie warunków spiekania wysokociśnieniowego kompozytu  $TiB_2+30\%$  obj. Al i kompozytu warstwowego  $AlMg5/TiB_2$ . W zakresie tych badań opracowałam również parametry spiekania wysokotemperaturowego dla kompozytów o osnowie niklu zawierających 10% obj.  $TiB_2$  i 20% obj.  $TiB_2$ . Jednocześnie poza zagadnieniami spiekania materiałów kompozytowych uczestniczyłam w zadaniach statutowych (2011r.) dotyczących określenia wpływu metody spiekania na mikrostrukturę i wybrane właściwości tworzyw ceramicznych o osnowie faz MAX. Badania te przyczyniły się do powstania kilku prac naukowych (załącznik 3, pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 9-11,15).

W kolejnych latach rozszerzyłam zakres swoich badań o zagadnienia spiekania materiałów kompozytowych o osnowie stopów żelaza. Pierwsze prace dotyczyły wytworzenia kompozytu o osnowie stalowej wzmacnianego ceramiką  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . W ramach badań statutowych (2009-2010r.) zrealizowałam badania dotyczące określenia wpływu dodatku  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10 % obj. i 20 % obj.) na mikrostrukturę i wybrane właściwości fizyczne i mechaniczne materiałów kompozytowych o osnowie stopów żelaza. W następnym etapie badań zastosowałam dwuborek tytanu jako fazę wzmacniającą. Analiza danych literaturowych i przeprowadzone wyniki badań wykazały, że pomimo trudności technologicznych związanych z wytwarzaniem ceramiki  $\text{TiB}_2$  można ją zastosować, jako fazę wzmacniającą kompozyty o osnowie metalowej. Jako osnowę wybrałam stal austenityczną 316L, która charakteryzuje się wysokimi i stabilnymi właściwościami mechanicznymi w podwyższonych temperaturach, jak również wysoką odpornością na działanie agresywnego środowiska. Podjęcie tej tematyki badawczej wynikało przede wszystkim z faktu, że w literaturze polskiej jak również zagranicznej istniało niewiele informacji na temat wytwarzania kompozytów o osnowie stali austenitycznej stosując technologie spiekania. Podejmowane problemy badawcze dotyczyły wytwarzania na drodze spiekania swobodnego kompozytów o osnowie stali 316L wzmocnionych 1% obj. i 2% obj.  $\text{TiB}_2$ .

Na tym etapie mojej działalności naukowej w roku 2009 brałam udział w projekcie współfinansowanym przez Unię Europejską (POKL.04.01.01-00-087/08, numer zadania 21, Staże i szkolenia dla pracowników dydaktycznych uczelni), dzięki któremu mogłam zrealizować 3-miesięczny staż naukowy w Instytucie Zaawansowanych Technologii w Krakowie. Przeprowadzone podczas stażu prace badawcze umożliwiły mi dalszy rozwój naukowy poprzez wzbogacenie wiedzy i umiejętności badawczych w zakresie nowoczesnych technologii wytwarzania i badania spieków ceramicznych oraz kompozytowych. Głównym zadaniem badawczym stażu naukowego było opracowanie technologii przygotowania mieszanin proszków kompozytowych. W ramach tego zadania zajmowałam się doбором odpowiedniego ośrodka dyspersyjnego, który pozwolił ujednorodnić mieszaninę proszków kompozytowych i zapobiegał koagulacji oraz tworzeniu aglomeratów ceramicznej fazy wzmacniającej. W tym celu przeprowadzono próby mieszania w urządzeniu typu Turbula i w młynie planetarnym w różnych warunkach, co pozwoliło określić najlepsze warunki przygotowania mieszaniny proszków kompozytowych. Prowadziłam badania dotyczące wytwarzania kompozytów stalowych z 1% obj. i 2% obj.  $\text{TiB}_2$  metodą spiekania swobodnego

w różnych warunkach temperaturowych. Doświadczalnie wykazałam, że metoda spiekania swobodnego jest niewystarczająca do wytworzenia materiału kompozytowego o wysokiej gęstości. Równocześnie brałam udział w badaniach nad wpływem dodatku cyrkonu i boru na mikrostrukturę oraz właściwości mechaniczne odlewanych stopów Ni-Al. Uczestniczyłam również w projekcie dotyczącym otrzymywania cienkich warstw  $Ti_3SiC_2$  na podłożach metalicznych i ceramicznych (N N507 451434). Rezultaty przeprowadzonych prac zostały opublikowane (załącznik 3, pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 12, 14, 18).

W badaniach statutowych realizowanych w latach 2010-2012 skoncentrowałam swoją pracę naukowo-badawczą na zastosowaniu metody wysokociśnieniowej HP-HT do wytwarzania kompozytów z różnym udziałem ceramiki  $TiB_2$ . Zdobyte doświadczenie oraz umiejętności pozwoliły mi przygotować własny projekt badawczy „Spiekana stal austenityczna AISI 316L umacniana submikrocząstkami  $TiB_2$ ”, który decyzją Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2011 roku został pozytywnie zaopiniowany do finansowania (projekt nr N N507 222840). Projekt został zrealizowany pod moim kierownictwem we współpracy z Instytutem Zaawansowanych Technologii w Krakowie i Wydziałem Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej. W trakcie realizacji w/w projektu moja działalność naukowa koncentrowała się na opracowaniu spiekanej stali austenitycznej 316L wzmocnionej submikrocząstkami ceramiki  $TiB_2$ . Wykazałam, że warunki spiekania (temperatura, ciśnienie i czas) mają istotny wpływ na właściwości takich materiałów kompozytowych. Wykonałam prace stanowiące podstawę opracowania parametrów spiekania kompozytów o osnowie stalowej przy zastosowaniu metody wysokociśnieniowej (HP-HT) i metody SPS/FAST. W zakresie projektu prowadzone były badania dotyczące określenia wpływu dodatku boru (1% obj.) do stalowej osnowy na właściwości spiekanych kompozytów. W swoich badaniach zastosowałam bor jako aktywator spiekania w celu wytworzenia materiałów kompozytowych w niższych temperaturach spiekania. Rezultaty przeprowadzonych prac zostały opublikowane (załącznik 3 pkt. IIA; według wykazu publikacji poz. 2,6, 8-10 pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 16,23, 25,26).

Oprócz głównego nurtu moich badań, związanych z rozwojem i opracowaniem kompozytów o osnowie stali austenitycznej zajmowałam się również innymi zagadnieniami badawczymi. W tym czasie zrealizowałam badania odporności na zużycie kompozytów o osnowie stopów aluminium AISi5Cu2 wzmocnionych różną zawartością SiC. Rezultatem prowadzonych badań było określenie mechanizmów zużycia takich materiałów i wpływu

różnych parametrów testów ścierania (czas, prędkość, materiał przeciw próbki) na właściwości tribologiczne. Jednocześnie poza zagadnieniami kompozytów o osnowie stopów aluminium uczestniczyłam w badaniach w obszarze odlewanych materiałów wielofazowych o osnowie faz międzymetalicznych NiAl i Ni<sub>3</sub>Al oraz spiekanych kompozytów również o osnowie faz międzymetalicznych NiAl i Ni<sub>3</sub>Al wzmocnianych cząstkami TiB<sub>2</sub>. Wykonane prace stanowiły podstawę opracowania optymalnych warunków spiekania metodą HP-HT takich materiałów. Realizowana tematyka dotyczyła również takich zagadnień jak: badania mikroskopowe i badania właściwości tribologicznych materiałów o osnowie faz międzymetalicznych NiAl i Ni<sub>3</sub>Al. Wyniki tych badań zostały opublikowane w kilku pracach (załącznik 3 pkt. IIA według wykazu publikacji poz. 15; pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 20, 21, 24, 27, 33, 34, 36, 39, 40). Uczestniczyłam również w pracach badawczych w projekcie „Mono- and multilayer, multiphase coatings based on TiB<sub>2</sub> for wear-resistant applications” (POMOST//2013- 8/13).

W ramach wspólnych działań badawczych w Zakładzie Inżynierii i Technologii Materiałów, Instytutu Techniki UP brałam udział w opracowaniu sposobu wytwarzania materiału makroskopowo dwufazowego i urządzenia do otrzymywania tego typu materiałów. Rezultaty przeprowadzonych prac były przedmiotem jednego zgłoszenia patentowego w 2104 roku nr P.4088 (WIPO ST 10/C PL 4088). W wyniku procesu opisanego w zgłoszeniu patentowym można wytwarzać drut ze stopu aluminium z rdzeniem miedzianym, który charakteryzuje się tym, że jego środek (rdzeń) jest nieprzerobiony plastycznie, natomiast jego część zewnętrzna (płaszcz) jest przetworzona plastycznie.

W ramach działań badawczych podjęłam współpracę z przedsiębiorstwem Firmą Innowacyjno-Wdrożeniową ELBIT w Tarnowie, dla której wraz z moim zespołem opracowałam i wdrożyłam rozwiązanie dotyczącego „Oczyszczania i recyklingu poprodukcyjnych odpadów węglowych”.

Obecnie swoją pracę naukowo-badawczą koncentruję w zakresie problematyki związanej z otrzymywaniem kompozytów o osnowie stopów żelaza i stopów tytanu wzmocnionych cząstkami ZrB<sub>2</sub> i CrB<sub>2</sub>. Rezultatem prowadzonych badań jest opracowanie technologii spiekania takich materiałów i charakterystyka ich mikrostruktury oraz właściwości. Równocześnie zajmuję się zagadnieniami spiekania metodą SPS/FAT ceramiki TiB<sub>2</sub> z dodatkami ceramicznymi, w celu poprawy gęstości, właściwości mechanicznych i tribologicznych. Pierwsze wyniki tych badań zostały opublikowane (załącznik 3 pkt. IIE;



według wykazu publikacji poz.38) i zaprezentowane na konferencjach (załącznik 3 pkt. II-L; według wykazu konferencji poz.27,29, pkt. III-B; według wykazu konferencji poz.21).

W roku 2016 zostałam kierownikiem badań statutowych. W ramach tych badań zajmowałam się doborem parametrów spiekania metodą FAST/SPS kompozytu ceramicznego o osnowie dwuborku tytanu. Od 2017 roku jestem kierownikiem kolejnych badań statutowych, których głównym zadaniem jest opracowanie materiałów kompozytowych o osnowie stopów niklu, aluminium i żelaza wytwarzanych przy zastosowaniu technologii spiekania SPS/FAST, HP-HT i technologii odlewniczej opartej na procesie SHSB.

W swojej działalności badawczej podejmowałam współpracę z innymi ośrodkami naukowymi. Wieloletnia współpraca z Panią prof. dr hab. inż. Lucyną Jaworską i pracownikami z Instytutu Zaawansowanych Technologii w Krakowie zaowocowała powstaniem wielu publikacji, zrealizowaniem jednego projektu badawczego, w którym byłam kierownikiem, oraz stażem naukowym, który odbyłam w tej jednostce badawczej (załącznik 3 pkt. IIA według wykazu publikacji poz. 2,3,6,10,11,13,15; pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 16,17,19,20,23,24,36,38,39). W ramach współpracy z pracownikami Wydziału Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, prof. dr hab. inż. Borysem Mikułowskim, prof. dr hab. inż. Joanną Karwan- Baczewską, prof. dr hab. inż. Grzegorzem Boczkalem, prof. dr hab. Bogusławem Onderką, dr hab. inż. Remigiuszem Kowalikiem, dr inż. Małgorzatą Perek-Nowak, dr inż. Tomaszem Tokarskim i dr inż. Pawłem Pałą, badano mikrostrukturę i właściwości połączeń metal/ceramika oraz wybrane właściwości mechaniczne, korozyjne i skład fazowy spiekanych kompozytów o osnowie stopów żelaza i aluminium. Wyniki wspólnych, wieloletnich badań zostały opublikowane (załącznik 3 pkt. IIA według wykazu publikacji poz. 1,5,6,8,10-12,14,16; pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 1—8, 17,28-30,32,38,39). We współpracy z pracownikami Wydziału Inżynierii Metali i Metalurgii Proszków Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, prof. dr hab. inż. Wiktoria Ratuszek, prof. dr hab. inż. Anną Zielińską-Lipiec i dr inż. Joanną Augustyn-Nadzieja, badano skład fazowy materiałów kompozytowych o osnowie stopów żelaza i właściwości tribologiczne stopów stosowanych w protetyce stomatologicznej. Rezultaty przeprowadzonych wspólnych prac badawczych zostały opublikowane w trzech publikacjach (załącznik 3 pkt. IIA według wykazu publikacji poz. 7,13; pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 27). Z kolei we współpracy z Panią dr inż. Sonią Boczkal z Instytutu Metali Nieżelaznych

*Sulina*

w Gliwicach Oddział Metali Lekkich w Skawinie przeprowadzono szczegółową charakterystykę mikrostruktury spiekanych kompozytów poprzez zastosowanie wysokorozdzielczej skaningowej mikroskopii elektronowej i metody EBSD oraz wysokorozdzielczej transmisyjnej mikroskopii elektronowej (załącznik 3, pkt. II A, według wykazu publikacji poz.11, pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 29). Podjęłam również współpracę z Panią dr inż. Martą Homa z Instytutu Odlewnictwa w Krakowie w zakresie wysokotemperaturowych badań korozyjnych spiekanych materiałów kompozytowych. W tym zakresie przeprowadzono badania zmian masy w funkcji czasu TG/DTA. Wyniki tych badań zostały również opublikowane (załącznik 3 pkt. IIE; według wykazu publikacji poz. 35).

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych opublikowałam 11 prac. Po doktoracie wyniki mojej pracy naukowo-badawczej zostały opublikowane w 56 publikacjach naukowych, w tym w 9 publikacjach autorskich. W wykazie czasopism Journal of Citation Reports of Thomson Reuters zamieszczono 17 publikacje, w tym 16 prac po doktoracie. Opublikowałam trzy rozdziały w monografiach w języku angielskim, w tym jeden na zaproszenie edytora Arunachalam Lakshmanana w książce *Sintering Techniques of Materials*, Intech Open Access, 2015.

Sumaryczny Impact Factor zgodnie z rokiem opublikowania moich publikacji naukowych wynosi 24,325. Sumaryczna ilość punktów wg Punktacji Ministerialnej to 727 (dane z dnia 30 maja 2018).

Liczba cytowań moich prac wg bazy (dane z dnia 30 maja 2018)<sup>1</sup>:

- Web of Science wynosi 130 (102- bez autocytowań),
- Scopus wynosi 147 (111 - bez autocytowań),
- Google Scholar wynosi 288.

Indeks Hirscha wg bazy (dane z dnia 30 maja 2018)<sup>1</sup>:

- Web of Science - 6,
- Scopus - 6,
- Google Scholar - 8.

Uczestniczyłam czynnie w 24 konferencjach o zasięgu krajowym i 28 o zasięgu międzynarodowym, organizowanych m. in. w Kanadzie, Portugalii, Włoszech, Niemczech i Czechach. Od momentu uzyskania stopnia naukowego doktora wygłosiłam 30 referatów na

---

<sup>1</sup> z pracami opublikowanymi pod panieńskim nazwiskiem Surowiak

krajowych i międzynarodowych konferencjach tematycznych, w tym dwie prezentacje jako „invited speaker”. Wygłosiłam 7 autorskich referatów podczas cyklicznych seminariów organizowanych przez Komisję Metalurgiczno-Odlewniczą PAN oddział w Krakowie. Prezentowałam również wyniki swoich badań w formie posterów (15).

Wykonałam 20 recenzji publikacji naukowych w wydawnictwach zagranicznych i krajowych, w tym 10 recenzji dla czasopism znajdujących się w wykazie Journal Citation Report.

Od lat 2007-2016 brałam aktywny udział w organizacji cyklicznej międzynarodowej konferencji naukowej International Conference Engineering, Computer Science and Education (wcześniej International Conference on Engineering and Education) - początkowo, jako członek komitetu organizacyjnego, a w latach 2014 r., 2016 r. i 2018 r. jako sekretarz naukowy konferencji. W latach 2010 i 2011 uczestniczyłam w organizacji dwóch międzynarodowych seminariów dotyczących tematyki nanomateriałów i materiałów narzędziowych.

Swoje kwalifikacje i doświadczenie naukowe podniosłam również poprzez uczestnictwo w zagranicznym stażu naukowym na Ivan Franko National University of Lviv (2014), szkoleniach, warsztatach i seminariach, podczas których miałam możliwość spotkać się m.in. z ekspertami z zakresu metalurgii proszków, nowoczesnych metod wytwarzania materiałów i nowoczesnych metod badawczych.

Od roku 2015 jestem kierownikiem Pracowni Wytwarzania i Badania Materiałów Spiekanych w Instytucie Techniki Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Tematyka badawcza mojego zespołu obejmuje technologie przygotowania mieszanin proszków do procesów spiekania, jak również wytwarzanie materiałów przy zastosowaniu technologii spiekania. Zajmujemy się głównie badaniami właściwości mechanicznych (z uwzględnieniem podwyższonych temperatur) i właściwości tribologicznych (metoda ball-on-disc i metoda Millera).

### **5.3 Działalność dydaktyczna i organizacyjna**

Od roku 2017 jestem Zastępcą Dyrektora ds. Nauki i Dydaktyki w Instytucie Techniki w/w Uniwersytetu. Obok działalności naukowej w Instytucie Techniki do moich obowiązków jako Zastępcy Dyrektora należy opieka nad studentami kierunku Edukacja Techniczno-

Informatyczna na I oraz II stopniu studiów w trybie stacjonarnym i niestacjonarnym. W zakresie moich kompetencji jest przygotowanie obciążeń dydaktycznych dla pracowników, opracowanie planów i programów studiów na tym kierunku, oraz koordynacja działań podejmowanych przez kierowników studiów podyplomowych realizowanych w naszym Instytucie. W styczniu i lutym 2018 roku brałam czynnym udział w przygotowaniu wniosku do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego o nadanie uprawnień do kształcenia na studiach pierwszego stopnia na kierunku „Inżynieria bezpieczeństwa” w/w Instytucie od roku akademickiego 2018/19.

Moja dotychczasowa działalność dydaktyczna (2005-2018) obejmowała prowadzenie wykładów, ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych dla studentów Wydziału Matematyczno-Fizyczno-Technicznego na kierunkach: *Edukacja Techniczno-Informatyczna, Wychowanie techniczne, Informatyka, Fizyka* oraz dla studentów Wydziału Sztuki na kierunku *Wzornictwo*. Jako Instruktor prowadziłam szkolenia dla nauczycieli i dyrektorów szkół (2007, 2008) w ramach projektu „Technologie informacyjne i edukacja multimedialna w praktyce szkolnej” realizowanego w Informatycznym Centrum Edukacyjnym Powiatu Myślenickiego przy Zespole Szkół Techniczno-Informatycznych w Myślenicach. W latach 2008-2011 byłam również kierownikiem studiów podyplomowych „Technologie informacyjne”.

W ramach opieki nad studentami byłam promotorem: 39 prac magisterskich, 25 inżynierskich i 6 prac na studiach podyplomowych. Recenzowałam 42 prace magisterskie i inżynierskie. Byłam również opiekunem naukowym prac badawczych studentów należących do koła Naukowego Inżynierii Materiałowej (Instytut Techniki) oraz dwóch referatów wygłaszanych na Studenckiej Sesji Kół Naukowych AGH i Studenckiej Konferencji „Młodzi dla Nauki i Przemysłu”. Ponadto pełniłam funkcje „opiekuna roku” (2006-2015) na kolejnych rocznikach na kierunku Edukacja Techniczno-Informatyczna studia niestacjonarne I stopnia.

W latach 2008-2012 byłam członkiem Komisji Rekrutacyjnej, a w następnej kadencji (2013-2017) sprawowałam funkcje Przewodniczącego Komisji Rekrutacyjnej w Instytucie Techniki.

W celu popularyzacji nauki jako Przewodniczący Komisji ds. promocji w Instytucie Techniki uczestniczyłam w organizacji Dni Otwartych w/w Instytutu (2011-2015), Festiwalu Nauki w Krakowie (2011-2013) i brałam udział w Małopolskiej Nocy Naukowców (2015,2016) podczas, których prowadziłam warsztaty z zagadnień inżynierii materiałowej. W 2014 roku

zostałam pełnomocnikiem Rektora ds. Organizacji Festiwalu Nauki w Krakowie w skali całego Uniwersytetu Pedagogicznego.

W latach 2012-2015 jako Członek Ogólnouczelnianego Zespołu ds. Nowoczesnych Form Kształcenia Uniwersytetu Pedagogicznego działającego w ramach Europejskiego Centrum Kształcenia Ustawicznego i Multimedialnego brałam udział w pracach dotyczących koordynowania działań związanych z wdrażaniem zdalnego systemu nauczania (platforma Moodle) w/w Uniwersytecie.

Byłam również wykonawcą zadań związanych z doposażeniem w aparaturę nowych Pracowni w Instytucie Techniki, które były realizowane w zakresie projektu finansowanego ze środków Unii Europejskiej w Ramach programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko.

W zakresie mojej działalności organizacyjnej mogę wyróżnić pełnienie następujących funkcji w Uniwersytecie Pedagogicznym:

- Zastępca Dyrektora ds. Nauki i Dydaktyki w Instytucie Techniki – od 01.09.2017-31.08.2020
- Zastępca Dyrektora ds. Kształcenia i Organizacji w Instytucie Techniki - 01.09.2016-31.08.2017
- Kierownik Pracowni Wytwarzania i Badania Materiałów Spiekanych w Instytucie Techniki - od 01.10.2015 do dnia obecnego
- Koordynator ds. Organizacji Festiwalu Nauki 2015 r z ramienia Rektora Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie (2015)
- Przewodniczący Kierunkowego Zespołu ds. Jakości Kształcenia na kierunku Edukacja techniczno-informatyczna - od 2017 roku dnia dzisiejszego
- Członek Uczelnianej Komisji Wyborczej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie - kadencja 2016-2020
- Członek Senackiej Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów - kadencja 2016-2020
- Członek Rady Wydziału Matematyczno-Fizyczno-Technicznego – kadencja 2012-2016; 2017-2020
- Członek Rady Instytutu Techniki, Uniwersytetu Pedagogicznego – kadencja 2013-2016, 2017-2020

## 6. Podsumowanie najważniejszych osiągnięć

### 6.1 Osiągnięcia naukowe

1. Za moje najważniejsze osiągnięcie uważam opracowanie technologii wytwarzania kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> obejmujące: zaprojektowanie warunków przygotowania mieszanin kompozytowych i optymalizację parametrów spiekania metodami HP-HT i SPS/FAST.
2. Ważnym zagadnieniem o aplikacyjnym znaczeniu jest potwierdzenie przez mnie, że zastosowanie metod ciśnieniowych w procesie spiekania kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> pozwala otrzymać materiał o bardzo dobrych właściwościach fizycznych i mechanicznych, dużej odporności na zużycie tribologiczne przy zachowaniu dobrej odporności korozyjnej.
3. Z punktu widzenia poznawczego wykazałam, że właściwości kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> w istotny sposób zależą od metody i warunków spiekania (temperatury, ciśnienia, czasu). Potwierdziłam, że temperatura jest decydującym parametrem spiekania. Dla metody HP-HT optymalną temperaturą spiekania jest 1300°C, natomiast dla metody SPS/FAST jest to 1100°C.
4. Wykazałam wpływ dwóch różnych metod spiekania HP-HT i SPS/FAST na zmianę mikrostruktury i właściwości kompozytów o osnowie stali austenitycznej 316L. Do chwili obecnej nie było doniesień literaturowych prezentujących tak kompleksowe wyniki badań przedstawionych w mojej monografii.
5. Kolejne osiągnięcie stanowi analiza termodynamiczna dotycząca równowagi faz w układzie wieloskładnikowym Fe-Ti-B-Cr-Mo-Ni, która pozwoliła przewidzieć skład fazowy materiału kompozytowego i zrozumieć procesy zachodzące podczas spiekania metodami HP-HT i SPS/FAST. Wykazałam, że skład fazowy spiekanych kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> jest częściowo zgodny z obliczeniami termodynamicznymi przeprowadzonymi dla układu wieloskładnikowego Fe-Ti-B-Cr-Mo-Ni.
6. Wykazałam różnice w składzie fazowym kompozytów stal-TiB<sub>2</sub> w zależności od zastosowanej metody spiekania. Dla kompozytów spiekanych metodą HP-HT potwierdziłam obecność tylko fazy Cr<sub>0,18</sub>Fe<sub>0,09</sub>Ni<sub>0,73</sub>. Natomiast dla kompozytów otrzymanych metodą SPS/FAST wykazałam obecność dwóch złożonych borków Cr<sub>0,2</sub>Fe<sub>1,8</sub>B i (Cr,Fe,Mo,Ni,Ti)<sub>3</sub>B<sub>2</sub> oraz fazy Cr<sub>0,18</sub>Fe<sub>0,09</sub>Ni<sub>0,73</sub> i fazy  $\sigma$ .

7. W swoich badaniach potwierdziłam korzystny wpływ dwuborku tytanu na kształtowanie właściwości spiekanych kompozytów. Wykazałam, że wraz ze wzrostem zawartości  $TiB_2$  w stalowej osnowie wzrasta moduł Younga, twardość, wytrzymałość i odporność na zużycie tribologiczne z jednoczesnym obniżeniem plastyczności kompozytów. Zwiększenie udziału  $TiB_2$  niekorzystnie wpływa na odporność korozyjną kompozytów.
8. Potwierdziłam, że wprowadzenie 8% obj.  $TiB_2$  do osnowy stali austenitycznej 316L pozwala wytworzyć materiały kompozytowe o najlepszych właściwościach fizycznych, wytrzymałościowych oraz najwyższej odporności na zużycie, z uwzględnieniem podwyższonych temperatur.
9. Kolejnym moim osiągnięciem jest opracowanie metodyki prowadzenia badań właściwości mechanicznych na mikropróbkach w zakresie temperatury do  $800^{\circ}C$ .

## 6.2 Osiągnięcia dydaktyczne

1. Kierownictwo studiów podyplomowych: Technologie informacyjne prowadzonych w Instytucie Techniki.
2. Prowadzenie szkoleń dla nauczycieli oraz dyrektorów szkół w ramach projektu „Technologie informacyjne i edukacja multimedialna w praktyce szkolnej”.
3. Udział w pracach związanych organizacją i z doposażeniem w aparaturę dydaktyczną i badawczą Laboratoriów w Instytucie Techniki w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko.
4. Prowadzenie autorskich kursów na trzech kierunkach realizowanych na Uniwersytecie Pedagogicznym w ramach projektu Rozwój potencjału dydaktycznego Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie współfinansowanego przez Unie Europejską.
5. Przygotowanie autorskich kart kursów dla kierunku zamawianego „Wzornictwo” na Wydziale Sztuki UP, w ramach projektu współfinansowanego przez Unie Europejską.
6. Opracowanie i przygotowanie planów i programów studiów oraz kart kursów dla kierunku Edukacja Techniczno-Informatyczna.
7. Opieka dydaktyczno-organizacyjna nad studentami Kierunku Edukacja Techniczno-Informatyczna w zakresie obowiązków Zastępcy Dyrektora Instytutu Techniki.

8. Opiekun Roku na studiach niestacjonarnych na Kierunku Edukacja Techniczno-Informatyczna.
9. Opieka naukowa nad studentami- członkami koła Naukowego Inżynierii Materiałowej działającego przy Instytucie Techniki.
10. Promotor i Recenzent prac dyplomowych, inżynierskich, magisterskich i podyplomowych realizowanych w Instytucie Techniki UP.
11. Ukończone cztery szkolenia w zakresie obsługi aparatury i nowych technik badawczych, trzy szkolenia w zakresie podwyższania kwalifikacji dydaktycznych i pięć innych szkoleń związanych z aspektami nowoczesnych materiałów i technologie wytwarzania.

### **6.3 Osiągnięcia organizacyjne i popularyzatorskie oraz informacja o współpracy międzynarodowej**

1. Wygłoszenie trzydziestu referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych, w tym dwóch referatów zamawianych i siedmiu seminariów. Zaprezentowanie piętnastu posterów na międzynarodowych i krajowych konferencjach
2. Organizacja cyklicznej międzynarodowej konferencji; w latach 2007-2018 jako członek komitetu organizacyjnego ośmiu kolejnych konferencji International Conference Engineering, Computer Science and Education (wcześniej International Conference on Engineering and Education), w tym trzy razy jako sekretarz naukowy komitetu (2014 r., 2016r., 2018r.).
3. Pełnienie roli kierownika projektu badawczy finansowanego przez Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (N N507 222840)
4. Pełnienie funkcji zastępcy Dyrektora ds. Nauki i Dydaktyki w Instytucie Techniki Uniwersytetu Pedagogicznego (2017-2020)
5. Pełnienie funkcji zastępcy Dyrektora ds. Kształcenia i organizacji w Instytucie Techniki w/w Uniwersytetu (2016-2017)
6. Pełnienie funkcji Kierownika *Pracowni wytwarzania i badania materiałów spiekanych* w Instytucie Techniki w/w Uniwersytetu (od 2015 do dnia obecnego)



7. Członkostwo Rady Wydziału Matematyczno-Fizyczno-Technicznego Uniwersytetu Pedagogicznego, nieprzerwanie od roku 2012.
8. Członkostwo Rady Instytutu Techniki Uniwersytetu Pedagogicznego, nieprzerwanie od roku 2012.
9. Członkostwo w czterech międzynarodowych i krajowych towarzystwach naukowych.
10. Członkostwo w Zarządzie Polskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych (od kwietnia 2018 r członek Głównej Komisji Rewizyjnej).
11. Współredaktor monografii *Problems of Modern Techniques in Engineering and Education*.
12. Współautor trzech publikacji popularyzujących wiedzę.
13. Przewodniczący Komisji ds. promocji Instytutu Techniki.
14. Popularyzacja nauki w ramach Małopolskiej Nocy Naukowców, Dni Otwartych Instytutu Techniki UP oraz Festiwalu Nauki w Krakowie.
15. Pełnienie funkcji Koordynatora ds. Organizacji Festiwalu Nauki 2015 r. z ramienia Rektora Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie
16. Odbyte dwa staże naukowe zagraniczne (Niemcy, Ukraina) i jeden krajowy staż naukowy.
17. Staż naukowy i ciągła współpraca z Instytutem Zaawansowanych Technologii Wytwarzana w Krakowie.
18. Współpraca z polskimi jednostkami naukowymi między innymi z: Akademią Górniczo-Hutniczą im. St. Staszica w Krakowie, Instytutem Metali Nieżelaznych w Gliwicach Oddział Metali Lekkich w Skawinie, Instytutem Odlewnictwa w Krakowie oraz Instytutem Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN.
19. Współpraca w ramach działań badawczych z przedsiębiorstwem Elbit Tarnów.
20. Udział w programach europejskich: *Program Operacyjny Kapitał Ludzki* (Priorytet IV. Szkolnictwo wyższe i nauka), *Program Europejski Fundusz Społeczny* (Rozwój potencjału dydaktycznego Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie,) i *Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko* (Rozbudowa Uniwersytetu Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie).

## 7. Ilościowe zestawienie dorobku

W tabeli 1 przedstawiłam ilościowe zestawienie mojego dorobku wyszczególnionego w Zał. 3. „Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, sprawowanej opiece nad studentami i doktorantami, współpracy naukowej, odbytych stażach i popularyzacji nauki”.

**Tabela 1.** Ilościowe zestawienie dorobku habilitanta wyszczególnionego w Zał. 3.

Dorobek naukowy	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora (autorskie)	Razem
<b>I. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 16 ust. 2 ustawy</b>			
B) Publikacje lub inne prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	----	1 (monografia)	1
<b>II. Wykaz innych (nie wchodzących w skład osiągnięcia wymienionego w pkt I) opublikowanych prac naukowych oraz wskaźniki dokonań naukowych</b>			
A) Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC)	1	16 (w tym 3 autorskie)	17
B) Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne (Punkty kontrolne do Zadań statutowych)	----	14 (w tym 4 autorskie)	14
C) Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe	---	---	---
C1) Zgłoszenia patentowe (które dotychczas nie uzyskały ochrony)	---	1	1
D) Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach (liczba nagród	---	---	---
E) Monografie, publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie, o której mowa w pkt II A (w tym wydawnictwa konferencyjne)	10	37 publikacje 3 rozdziały w monografii (w tym 6 autorskich)	50
F) Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych (F1+F2)	1	2	3
G) Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania	1,06	23,265	<b>24,325</b>

H) Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)	9	121	130
I) Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	6		
J) Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach (udział)	1	3	4
K) Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową albo artystyczną	---	2	2
L) Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych	3	30	33
<b>III. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz informacja o współpracy międzynarodowej habilitanta</b>			
A) Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	---	3	3
B) Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	2	23	25
C) Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji	---	10	10
D) Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione w pkt II K	---	2	2
E) Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	---	---	---
F) Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami, innymi niż wymienione w pkt II J	---	---	---
G) Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism (redakcja monografii)	---	2	2
H) Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	2	5	7
I) Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki	---	10	10
J) Opieka naukowa nad studentami i lekarzami w toku specjalizacji	---	10	10
K) Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego	---	---	---
L) Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	1	2	3
M) Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	---	1	1
N) Udział w zespołach eksperckich i	---	5	5

konkursowych			
O) Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych	---	---	---
P) Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych (liczba publikacji)	---	10 (czasopisma międzynarodowe) 10 (czasopisma krajowe)	20
Q) Inne osiągnięcia, niewymienione w pkt III A – III P (szkolenia)	--	12	12