

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko

Andrzej Nowotnik

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

Uzyskany tytuł: magister inżynier technolog materiałów – 06.07.1999

Akademia Górniczo - Hutnicza w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych

Temat pracy magisterskiej: „Analiza wpływu składu chemicznego brązów typu BA83 i BA93, na strukturę i własności stopów odkształczanych w wysokiej temperaturze”

Promotor: prof. dr hab. Ludwik Błaż

Uzyskany stopień: doktor nauk technicznych w dziedzinie Inżynieria materiałowa – 27 kwiecień 2004 r

Akademia Górniczo - Hutnicza w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych

Temat pracy doktorskiej: „Przemiana fazowa w warunkach wysokotemperaturowego odkształcania stali węglowej i stali niskostopowej z dodatkami Ti i V”

Promotor: prof. dr hab. inż. Ludwik Błaż

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Jerzy Pacyna

prof.dr hab. inż. Jan Sieniawski

3. Przebieg pracy zawodowej

1.09.2000 – 30.09.2002 - Swedish Institute for Metals Reserach (obecnie KIMAB Swerea) w Sztokholmie, grupa Thermomechanical Processing dr. inż. Beavis’a Hutchinson’a

1.02.2003 – 31.01.2004 – asystent w Katedrze Materiałoznawstwa, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

1.02.2004 – obecnie - adiunkt w Katedrze Nauki o Materiałach, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

4. Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego

Jako osiągnięcie naukowe - 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. 565 z póź. zm.) - stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego – wskazuję wyniki badań opublikowane w cyklu publikacji dotyczących:

“Kształtowania mikrostruktury i właściwości nadstopów niklu przeznaczonych na elementy i podzespoły części gorącej silników lotniczych”

1. **A. Nowotnik**: Nickel-Based Superalloys. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, (2016)4

Publikacja autorska. W pracy dokonano charakterystyki nadstopów niklu, z uwzględnieniem wymagań stawianym materiałom stosowanym na elementy konstrukcji silników lotniczych. Określono oddziaływanie dodatków stopowych na mechanizmy umocnienia i stopień ich wpływu na stabilność składników fazowych mikrostruktury oraz właściwości mechaniczne nadstopów niklu. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100%

2. Monografia: J. Sieniawski, K. Kubiak, **A. Nowotnik**: Ni-based superalloys for the elements in high-performance aircraft engines, Polish Metallurgy 2006-2010 – In time of the worldwide economic crisis. Wydawnictwo Komitetu polskiej Akademii Nauk, (2010), 285-309

W pracy ustalono wpływ obróbki cieplnej na mikrostrukturę oraz właściwości mechaniczne polikrystalicznego nadstopu Inconel 718. Przyjęto hipotezę badawczą, że temperatura przesycańia roztworu stałego determinuje skład fazowy i morfologię składników fazowych mikrostruktury. Stwierdzono, że temperatura przesycańia determinuje przede wszystkim na objętość względną cząstek fazy międzymetalicznej $Ni_3Nb - \delta$. Dobór prawidłowej temperatury przesycańia po określeniu efektów starzenia był podstawą opracowania warunków procesu odkształcania plastycznego nadstopów tej grupy z uwzględnieniem kinetyki procesu wydzielania cząstek faz umacniających. Opracowano metodykę oceny stopnia doskonałości struktury krystalicznej wytworzonych łopatek monokrystalicznych. Wykazano również wpływ prędkości wyciągania na doskonałość struktury krystalicznej łopatek monokrystalicznych z nadstopu CMSX-4. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70%. Opracowałem koncepcję i metodykę badań. Przeprowadziłem procesy obróbki cieplnej i ocenę doskonałości struktury krystalicznej wytworzonych łopatek monokrystalicznych. Opracowałem wyniki badań, zredagowałem tekst.

3. **A. Nowotnik**, P. Rokicki, G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski: Dynamic precipitation of nickel-based superalloys undergoing severe deformation below the solvus temperature. *International Journal of Materials Research*, **106** (2015)7, 665-675

Przyjęto hipotezę badawczą, że wstępne starzenie przesyconych nadstopów niklu spowoduje intensywne wydzielanie się cząstek faz umacniających w warunkach odkształcania wysokotemperaturowego. Stąd, będzie miało wpływ na procesy odnowy odkształcanych ziarn składników fazowych mikrostruktury. W pracy przedstawiono analizę wyników badań nadstopów Inconel 718 i X750 oraz nadstopu monokrystalicznego CMSX-4 po przesycaeniu i starzeniu odkształcanych w zakresie wartości temperatury występowania przemian fazowych. Ustalono stopień oddziaływania prędkości odkształcania i temperatury na naprężenie uplastyczniające odkształcanych nadstopów. Stwierdzono, że wydzielania faz umacniających tworzą się w orientacji typowej dla pasm ścinania. Określono wartości energii aktywacji dla badanych nadstopów - $\ln\sigma_{max}=f(1/T)$ i $\ln\sigma_{pl}=f(\ln\dot{\epsilon})$. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70%. Przyjąłem hipotezę badawczą, na podstawie której opracowałem koncepcję i metodykę badań. Przeprowadziłem procesy odkształcania wysokotemperaturowego badanych nadstopów niklu. Opracowałem wyniki badań i zredagowałem tekst.

4. **A. Nowotnik:** The influence of hot-deformation parameters on the mechanical properties and precipitation process in nickel based superalloy. Proc. Edited by Roger C. Reed, Kenneth A. Green, Pierre Caron, Timothy P. Gabb "11th International Symposium SUPERALLOYS 2008", Champion USA 2008, 709-718

W pracy przyjęto założenia i hipotezę badawczą, że wysokotemperaturowe odkształcanie w warunkach przemiany fazowej (rozpad przesyconego roztworu stałego) umożliwi kształtowanie mikrostruktury o dużej stabilności jej składników fazowych oraz dobrych właściwościach mechanicznych. Opracowano warunki procesu odkształcania nadstopu Inconel 718: temperaturę i prędkość odkształcania. Wyznaczono charakterystyki mechaniczne i energię aktywacji odkształcania nadstopu Inconel 718 w zakresie wartości temperatury od 900 do 1150°C. Wykazano duży wpływ temperatury i prędkości odkształcania na wartość naprężenia uplastyczniającego. Potwierdzono oddziaływanie parametrów odkształcania plastycznego na intensywność procesu wydzielania cząstek faz umacniających. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100%.

5. **A. Nowotnik:** Effect of high temperature deformation on the structure of Ni based superalloy. *J. of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, **27**(2008)2, 115-122

Publikacja autorska. W pracy przedstawiono analizę wyników badań morfologii składników fazowych mikrostruktury nadstopów niklu z uwzględnieniem synergii oddziaływania efektów przemian fazowych w przesyconym roztworze stałym oraz procesów zdrowienia i rekrytalizacji dynamicznej. Stwierdzono wpływ warunków odkształcania plastycznego na procesy wydzielaniowe i koagulację wydzielających się cząstek w lokalnych obszarach mikrostruktury cechującej się podstrukturą dyslokacji o dużej gęstości. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100%

6. **A. Nowotnik:** High temperature deformation of superalloy Inconel 718. *Solid State Phenomena*, **186**(2012), 147-150

Publikacja autorska. W pracy przedstawiono wyniki badań mikroskopowych odkształcanego przesyconego nadstopu Inconel 718. Uwzględniono w analizie wyników badań synergię oddziaływania przemian fazowych w przesyconym roztworze stałym oraz procesów zdrowienia i rekrytalizacji dynamicznej. Stwierdzono wpływ warunków procesu odkształcania plastycznego na kinetykę procesu wydzielania i koagulację wydzielen w lokalnych obszarach mikrostruktury – cechuje się podstrukturą o dużej gęstości dyslokacji. Wykazano obecność obszarów zlokalizowanego odkształcania i ustalono jego wpływ na kierunkowe ułożenie wydzielających się cząstek faz umacniających – fazy γ' i węglików niobu. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100%

7. **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, G. Mrówka-Nowotnik, **A. Onyszko**: Influence of strain rate and deformation temperature on the microstructure of Inconel X750 superalloy. *Inżynieria Materiałowa*, **175**(2010)3, 594-597

W pracy dokonano charakteryzacji mechanizmu i kinetyki procesu wydzielania cząstek faz umacniających podczas wysokotemperaturowego odkształcania przesyconego nadstopu Inconel X750. Określono warunki odkształcania plastycznego prowadzące do zwiększenia intensywności procesu wydzielania cząstek faz umacniających. Umożliwiają kształtowanie morfologii składników fazowych mikrostruktury w warunkach dynamicznych. Wykazano wpływ prędkości i temperatury odkształcania na wartość naprężenia uplastyczniającego. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 65%. Opracowałem koncepcję i metodykę badań na podstawie przyjętej hipotezy badawczej. Wykonałem próby odkształcania nadstopu Inconel X750. Opracowałem wyniki badań i zredagowałem tekst.

8. **A. Nowotnik**, P. Rokicki, P. Pędrak, S. Kotowski, J. Sieniawski, G. Mrówka-Nowotnik: Mechanical aspects of plastic deformation of nickel based superalloy. *Key Engineering Materials*, **592-593**(2014), 724-727

W pracy przyjęto założenie, że struktura monokrystaliczna nadstopu niklu, ze względu na anizotropię, silnie oddziałuje na wartość naprężenia uplastyczniającego. Uzyskano po odkształcaniu wysokotemperaturowym nadstopu CMSX-4 wyniki badań dotyczące wpływu temperatury i prędkości odkształcania na wartość naprężenia uplastyczniającego. Ustalono, że zmniejszenie prędkości odkształcania (od 4×10^{-4} do $10^{-4} s^{-1}$) powoduje zmniejszenie naprężenia uplastyczniającego. Stwierdzono, że większy stopień oddziaływania na zmniejszenie naprężenia uplastyczniającego ma podwyższenie temperatury odkształcania. Ustalono wartości współczynnika nachylenia krzywych zależności $\sigma_{pl} - 1/T$ odkształcanego nadstopu CMSX-4 drugiej generacji. Opracowano zależności $\ln \sigma_{max} = f(1/T)$ i $\ln \sigma_{pl} = f(\ln \dot{\epsilon})$ niezbędne do obliczenia energii aktywacji procesu odkształcania nadstopu niklu CMSX-4. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 60%. Przyjąłem hipotezę badawczą. Opracowałem koncepcję i metodykę badań. Wykonałem próby odkształcania nadstopu monokrystalicznego CMSX-4 2-giej generacji. Opracowałem wyniki badań i zredagowałem tekst.

9. B. Wierzba, K. Tkacz-Śmiech, **A. Nowotnik**: Reactive Mass Transport during Aluminization of Rene-80. *Chemical Vapor Deposition*, **19**(2013)7-9, 267–273

Określono wpływ temperatury, ciśnienia w komorze reakcyjnej oraz natężenia przepływu gazów na kinetykę procesu wytwarzania warstw w procesie chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD. Potwierdzono, że dobór wartości parametrów procesu przedstawionych do analizy ma wpływ na rodzaj i rozmiary cząstek fazy powstającej na podłożu nadstopu niklu. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę opracowania modelu i wykonania symulacji numerycznej procesu aluminiowania metodą CVD nadstopów niklu. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem parametry procesu chemicznego osadzania z fazy gazowej stanowiącego podstawę przyjęcia modelu i wykonania symulacji numerycznej procesu aluminiowania. Prowadziłem badania mikroskopowe materiału warstwy dyfuzyjnej z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego.

10. **A. Nowotnik**, M. Góral, M. Pytel, K. Dychtoń: Influence of coatings deposition parameters on microstructure of aluminide coatings deposited by CVD method on Ni-superalloys. *Solid State Phenomena*, **197**(2013), 95-100

W pracy wykazano, na podstawie uzyskanych wyników badań, wpływ warunków aluminiowania niskoaktywnego metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD na kinetykę procesu tworzenia się warstwy aluminidkowej na podłożu nadstopu niklu Rene 80. Ustalono, że zastosowanie temperatury <1040°C w procesie niskoaktywnym wpływa na kinetykę tworzenia się warstwy aluminidkowej wykazującej szczególnie dobrą odporność na zmęczenie cieplne. Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 40%. Opracowałem koncepcję badań. Opracowałem wyniki badań i zredagowałem tekst.

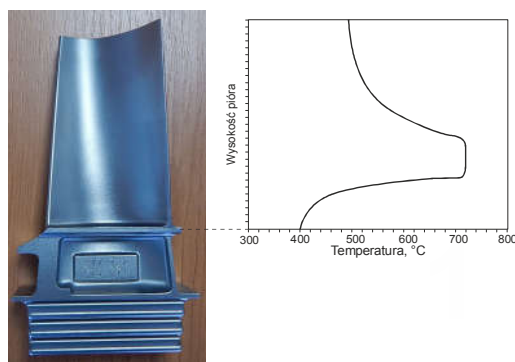
Nadstopy niklu są od kilkudziesięciu lat podstawowym materiałem z grupy materiałów konstrukcyjnych o największym znaczeniu w technice lotniczej. Analizie szczególnej jest poddawane ich zastosowanie na elementy konstrukcji silników lotniczych, pracujących w trudnych warunkach dużych obciążeń zmiennych, wysokiej temperatury i w środowisku gazów utleniających. Są podstawowym materiałem podzespołów części gorącej silnika, m.in. łopatek 1. i 2. stopnia turbiny wysokiego ciśnienia, obudowy komory wylotowej oraz elementów podzespołów zmiany kierunku ciągu (tzw. odwracacza ciągu) i systemu kierowania strumieniem gorącego powietrza. Elementy konstrukcyjne silnika lotniczego z nadstopów niklu w zależności od ich zastosowania są wytwarzane w konwencjonalnych procesach odlewania bądź przeróbki plastycznej, także w procesach specjalnych krystalizacji kierunkowej [1].

W ramach badań własnych, prowadzonych w Katedrze Materiałoznawstwa i Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego Politechniki Rzeszowskiej, dotyczących przyczyn powstawania uszkodzeń łopatek turbiny wysokiego ciśnienia elementów części gorącej silnika szczególnie silnie obciążonych, realizowano pomiary rozkładu wartości temperatury oraz lokalnych naprężeń występujących na przekroju ich pióra wzdłuż krawędzi natarcia. Były podstawą do ustalenia kryteriów doboru warunków procesów technologicznych prowadzących do zwiększenia ich właściwości użytkowych. Uzyskane wyniki i ich analiza stanowiły podstawę do symulacji numerycznej pola naprężeń i odkształceń w zależności od przyjętych warunków brzegowych (temperatury, czasu i środowiska). W badaniach stosowano polikrystaliczne nadstopy niklu Inconel 718 i X750 oraz monokrystaliczny nadstop CMSX-4 2. generacji [1-8].

Wprowadzenie wewnętrznych kanałów chłodzących w konstrukcji zamka i piórze łopatki oraz modyfikowanie innych stosowanych systemów chłodzenia dla zwiększenia efektu chłodzenia, m.in. zwiększenie natężenia przepływu strumienia powietrza wzdłuż powierzchni pióra spowodowało oprócz zwiększenia wydajności układów chłodzenia, również duże zmiany w różnicy wartości temperatury w różnych strefach łopatki. Stąd, w początkowym etapie badań rozważano zagadnienia dotyczące ustalenia składu fazowego i morfologii składników fazowych mikrostruktury nadstopów niklu na ich trwałość w nowych, trudniejszych warunkach pracy.

Reakcja materiału łopatki na obciążenie mechaniczne – siły odśrodkowe i strumień gorącego gazu, zależy głównie od wartości temperatury w poszczególnych strefach pióra łopatki (rys. 1). Analiza stanu literatury pozwoliła przyjąć hipotezę, że wytrzymałość na zmęczenie oraz odporność na pełzanie przyjętych to badań nadstopów Inconel 718 i X750

oraz CMSX-4 zależy od składu fazowego, morfologii składników fazowych mikrostruktury oraz dużej ich stabilności w warunkach eksploatacji.



Rys. 1. Rozkład temperatury wzdłuż pióra łopatki w silniku lotniczym średniej mocy

Ustalono, zgodnie z przyjętymi założeniami, że oddziaływanie cząstek faz umacniających, podstawowych składników fazowych mikrostruktury nadstopów niklu, w największym stopniu wpływa na ich właściwości użytkowe [2-8]. Określono zależność średniej średnicy wydzielonych cząstek fazy umacniającej γ' i ich objętości względnej oraz ich rozmieszczenia w osnowie na wytrzymałość na rozciąganie i odporność na pełzanie nadstopów niklu Inconel 718, Inconel X750 i CMSX-4. Wykazano, że mechanizm pokonywania tych cząstek przez przemieszczające się dyslokacje pod wpływem wytworzonego pola naprężeń determinuje ich właściwości mechaniczne. Ustalono, w badaniach morfologii mikrostruktury nadstopów niklu, że obróbka cieplna silnie oddziałuje na rozmiary cząstek fazy γ' – są funkcją temperatury i czasu starzenia oraz, że określone zależności, są zgodne z teorią LSW (Lifshitz'a, Slyozov'a i Wagner'a). Odporność na pełzanie oraz wytrzymałość w warunkach zmęczenia badanych nadstopów zależy przede wszystkim od umocnienia roztworowego, granicami ziarn, także rodzaju mechanizmu omijania lub przecinania cząstek faz umacniających przez przemieszczające się dyslokacje. Zależy więc, przede wszystkim od rozmiaru tych cząstek. Potwierdzono, że dobór warunków procesu starzenia nadstopów niklu do przeróbki plastycznej umożliwia uzyskanie maksymalnego stopnia umocnienia. Stąd, kilkukrotne zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej w porównaniu do stopu przestarzonego. Prowadzono badania mikroskopowe metodami mikroskopii świetlnej i elektronowej LM, TEM i SEM, nadstopów niklu Inconel 718 i X70 oraz CMSX-4 w stanie lanym oraz po obróbce cieplnej i cieplno-plastycznej. Analiza wyników badań była podstawą doboru warunków obróbki cieplnej i cieplno-plastycznej umożliwiającej uzyskanie prognozowanej objętości względnej, rozmiarów i rozmieszczenia cząstek fazy umacniającej γ' bądź węglików dla uzyskania właściwości

wytrzymałościowych niezbędnych w warunkach eksploatacji w wysokiej temperaturze, przy zachowaniu dobrej plastyczności [2, 3].

Ostatnie dziesięć lat to wprowadzenie do krajowego przemysłu lotniczego procesu krystalizacji kierunkowej zapewniającej kolejny etap w rozwoju nadstopów niklu. Brak dostępu do danych norm jakościowych światowych wytwórców silników lotniczych wprowadził konieczność wykonania badań w 1. etapie umożliwiających opracowanie technologii modeli i zestawów modelowych oraz form ceramicznych, również warunków procesu krystalizacji kierunkowej m.in. prędkości wyciągania i gradientu temperatury, temperatury zalewania ciekłego metalu, wysokiej próżni oraz cech geometrycznych startera i krystalizującego elementu monokrystalicznego. Wykazano, że dla przyjętych rozmiarów łopatki monokrystalicznej można określić wartości prędkości wyciągania zapewniającej dobrą doskonałość struktury krystalicznej odlewów – spełnia wysokie wymagania jakościowe światowych wytwórców silników lotniczych. Stwierdzono, że prędkość wyciągania od 1 do 5mm/min zapewnia uzyskanie monokrystalicznej łopatki o budowie dendrytycznej – dendryty kryształów fazy γ i γ' o stałych sieciowych odpowiednio $a_\gamma=0,352\text{nm}$ i $a_{\gamma'}=0,3561\text{nm}$. Ramiona 1. rzędu dendrytów są równoległe do kierunku krystalizacji i tworzą układ ortogonalny w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzrostu kryształów [2].

Badania mikrostruktury wytworzonych monokryształów nadstopu niklu CMSX-4 metodą skaningowej mikroskopii elektronowej były podstawą charakteryzacji morfologii oraz wzajemnego położenia kryształów faz γ i γ' – ortogonalne położenie ich granic [1] – rys. 5-7. Wydzielenia fazy γ' powstałe w trakcie procesu starzenia charakteryzują się dużym stopniem dyspersji oraz kształtem zbliżonym do sześcianu i o średniej średnicy $D=700\text{ nm}$ (rys. 6). Objętość względna cząstek fazy γ' po starzeniu $V_v=74\%$. Stwierdzono obecność węglików o dużej dyspersji i o kształcie globularnym w obszarach pomiędzy cząstkami fazy umacniającej γ' . Jednocześnie wykazano porowatość gazową na powierzchni rozdziału cząstek fazy γ' i ziarn osnowy γ [1] – (rys. 5).

Analiza wyników badań mikroskopowych oraz właściwości wytrzymałościowych łopatek monokrystalicznych z nadstopu CMSX-4 wykazała, że są determinowane stopniem doskonałości struktury krystalicznej. Podjęto badania dotyczące określenia struktury krystalicznej łopatek monokrystalicznych w stanie lanym dla prędkości wyciągania $w =$ od 1 do 5 mm/min. Stosowano metodę Laue'go – umożliwia charakteryzację struktury z obszaru o średnicy ok. 1,5 mm. Badania uzupełniono wprowadzając do oceny doskonałości struktury monokrystalicznej metodę dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD).

Umożliwiła określenie orientacji krystalicznej z mikroobszarów m.in. poszczególnych dendrytów i ich granic międzyfazowych. Szczególnie istotne znaczenie w uzyskanych wynikach badań było opracowanie metodyki badań doskonałości struktury krystalicznej wytworzonych łopatek monokrystalicznych [2].

Skoncentrowano uwagę, w realizowanych badaniach, na doborze kryteriów oceny doskonałości struktury krystalicznej wytworzonych łopatek monokrystalicznych z nadstopów niklu. Analiza wyników próby pełzania, także próby statycznej rozciągania w wysokiej temperaturze (do 1400°C) wykazała, że ich właściwości wytrzymałościowe zależą od stopnia doskonałości ich struktury krystalicznej. Przyjęto trójwymiarową orientację krystaliczną łopatek i wartości kąta α i β jako kryteria oceny [2] – (rys. 8). Kąt α jest zawarty pomiędzy kierunkiem wyciągania i kierunkiem krystalicznym [001] (rys. 8), natomiast, do wyznaczenia wartości kąta β przyjęto układ odniesienia i jest zawarty pomiędzy rzutem kierunku krystalicznego [100] na powierzchnię badanego przekroju i dłuższą krawędzią zamka łopatki (rys. 8). Dla każdej badanej łopatki stosowano pomiary wartości kąta α i β dla 5 przekrojów poprzecznych pióra łopatki. Wykazano, że wartości kąta odchylenia α zmieniają się wzdłuż krawędzi łopatki na całej jej długości dla prędkości wyciągania od 1 do 5 mm/min. Ustalono, że zakres różnicy ich wartości $\Delta\alpha_{\max}$ wynosi od 2 do 10° [2] – (tabela 3). Jednocześnie dla kąta β stwierdzono zbliżone zależności – parametr $\Delta\beta_{\max}$ przyjmuje minimalną wartość dla prędkości $w = 3\text{mm/min}$. Stwierdzona taka wartość prędkości wyciągania zapewnia największy stopień doskonałości struktury materiału łopatki wzdłuż jej pióra. Analiza wyników badań monokrystalicznych nadstopów niklu CMSX-4 – łopatek monokrystalicznych – stanowiła podstawę do opracowania nowej, nieniszczącej metody oceny doskonałości ich struktury krystalicznej – [2]. Stwierdzono, że kąt odchylenia kierunku [001] γ' od kierunku wzrostu monokryształu zwiększa się od jego wartości minimalnej – przejście zamka w pióro łopatki do wartości maksymalnej – koniec pióra. Przyjęto więc, że wartość kąta odchylenia jest dobrym kryterium oceny orientacji krystalicznej łopatek monokrystalicznych. Jednocześnie wykazano, że wystarczy wykonać dwa pomiary jego wartości na przekroju – zamka i na końcu pióra łopatki. Również wykazano, że efekt obrotu struktury krystalicznej cechującej monokryształizację materiału zamka i pióra łopatki, określony wartością kąta β jest nieznaczny dla monokryształów o małych wymiarach i prędkości wyciągania $> 1\text{ mm/min}$ [2] – tabela 3.

Odlewy elementów polikrystalicznych nadstopów niklu Inconel 718 i Inconel X750 wymagają ujednorodnienia i stabilizacji składników fazowych mikrostruktury ze względu na

charakter ich pracy. Stąd prowadzono badania wpływu obróbki cieplnej na mikrostrukturę oraz właściwości mechaniczne polikrystalicznych nadstopów niklu. Ustalono prawidłowe warunki procesu obróbki cieplnej na podstawie opracowanych wykresów czas-temperatura-przemiana [raport zastrzeżony]. Określono temperatury początku i końca wydzielania węglików oraz cząstek fazy umacniającej γ' w badaniach dylatometrycznych, kalorymetrycznych i mikroskopowych. Stwierdzono, że temperatura przesycania ma silne oddziaływanie na objętość względną fazy międzymetalicznej $\text{Ni}_3\text{Nb} - \delta$. Obserwowano cząstki tej fazy w mikrostrukturze stopu po przesycaniu od temperatury 960°C . Wyższa temperatura przesycania 1050°C powoduje rozpuszczenie cząstek tej fazy w osnowie stopu – temperatura solvus fazy $\delta - 1010^\circ\text{C}$. Dobór prawidłowej temperatury przesycania po określeniu efektów starzenia był podstawą opracowania parametrów odkształcania plastycznego nadstopów w warunkach wydzielania cząstek faz umacniających [2]. Stwierdzono, że nadstop Inconel 718 cechuje intensywna kinetyka procesu wydzielania cząstek fazy γ'' w przyjętych warunkach starzenia [2] - (rys. 4). Wydzielenia tej fazy o dużej dyspersji zapewniają maksymalny stopień umocnienia po starzeniu – temperatura $740^\circ\text{C}/20\text{h}$ [2] – (rys. 6). Podwyższenie temperatury starzenia do 760 i 800°C zwiększa objętość względną cząstek fazy γ'' odpowiednio do 13 i 17% . Ma to wpływ na właściwości wytrzymałościowe stopu [2] – rys. 6, tabela 1.

Elementy podzespołów części gorącej silnika pracują w różnych warunkach obciążenia i temperatury. Stąd, w wielu przypadkach stosowane są różne warunki obróbki cieplnej kształtującej zarówno skład fazowy i morfologię składników fazowych mikrostruktury, jak również ich właściwości mechaniczne. Dlatego ustalono wpływ temperatury starzenia na morfologię składników fazowych mikrostruktury stopu Inconel 718 – objętość względną cząstek faz umacniających stop oraz ich średnią średnicę. Zastosowanie wyższej temperatury przesycania powoduje obniżenie właściwości mechanicznych stopu Inconel 718 przesycanego od temperatury 1050°C – rozrost ziarn osnowy [2] - (tabela 2).

Analiza danych literaturowych i wyników badań własnych była podstawą do rozszerzania ich zakresu. Przyjęto hipotezę o dużej synergii oddziaływania rozmiarów i rozmieszczenia wydzieleni fazy umacniającej w mikrostrukturze nadstopu Inconel 718 po starzeniu w zakresie temperatury $700-800^\circ\text{C}$. Ustalono, że największe właściwości mechaniczne (R_m , $R_{p0.2}$) charakteryzuje ten nadstop po starzeniu w temperaturze 740°C [2] – rys. 6, tabela 1.

Wprowadzenie kryterium stopnia umocnienia nadstopów niklu z grupy do przeróbki plastycznej i stosowanych w podzespołach części gorącej silnika lotniczego nadstopu Inconel X750 umożliwiło ocenę wpływu stopnia oddziaływania zawartości cząstek fazy międzymetalicznej γ' Ni₃(Al, Ti) na efekt ich umocnienia. Ustalono, że efekt umocnienia tego nadstopu w procesie jednokrotnego starzenia jest mały. Stąd przyjęto hipotezę podwójnego starzenia nadstopu Inconel X750 [3]. Rozmiary wydzieleni fazy γ' i węglików w zależności od temperatury starzenia określono metodą elektronowej mikroskopii transmisyjnej TEM. Stwierdzono, że mikrostrukturę nadstopu przed obróbką cieplną cechują wydzielenia fazy umacniającej γ' o dużej dyspersji. Objętość względna wydzieleni fazy γ' w nadstopie po przesycaaniu wynosi ok. 4% [3]. Analiza wyników badań mikroskopowych nadstopu Inconel X750 przed przesycaaniem wykazała obecność małej liczby wydzieleni fazy γ' [raport zastrzeżony przez firmę Pratt&Whitney Rzeszów]. Średnia średnica wydzieleni tej fazy wynosi od 10 do 33 nm. Przesycaanie powoduje zmniejszenie objętości względnej cząstek fazy γ' w mikrostrukturze stopu Inconel X750. Intensywne wydzielenie się cząstek fazy γ' następuje w procesie starzenia [raport zastrzeżony]. Stwierdzono zarodkowanie i wzrost wydzieleni fazy γ' w całej objętości ($V_v = 38\%$ dla temperatury starzenia 760°C). Jednocześnie wykazano obecność w mikrostrukturze nadstopu Inconel X750 węglików typu M₂₃C₆ po starzeniu w temperaturze 700-800°C. Ich występowanie jest istotne, ze względu na charakter pracy niektórych elementów podzespołów silnika. Stwierdzono duży ich wpływ na zmniejszenie wytrzymałości na pełzanie. Ustalono więc zakres wartości temperatury i czasu starzenia –podstawowe kryteria doboru warunków obróbki cieplnej nadstopu Inconel X750. Średnia średnica cząstek wydzielanych faz umacniających w osnowie determinuje właściwości mechaniczne [3]. Jednocześnie określono objętość względną oraz rozmiary cząstek fazy γ' . Przyjęto założenie, że stanowią podstawę od określenia stopnia podatności nadstopu Inconel X750 do odkształcania plastycznego. Wykazano, że temperatura starzenia 720°C umożliwia uzyskanie maksymalnej wytrzymałości na rozciąganie i granicy plastyczności. Wyższa temperatura starzenia >720°C prowadzi do obniżenia właściwości mechanicznych. Tworzą się wydzielenia o dużych rozmiarach.

Analiza stanu zagadnienia w obszarze prowadzonych badań i dotycząca zmiany składu fazowego i morfologii składników fazowych mikrostruktury w procesie rozpadu przesyconego roztworu stałego, z jednoczesnym odkształcaniem plastycznym wskazuje, że dotyczy wielu prac prowadzonych w krajowych i zagranicznych ośrodkach naukowych. Znajomość i interpretacja tych procesów jest wciąż niepełna i ciągle jest źródłem prac badawczych, także ze względu na wprowadzenie nowych gatunków nadstopów na elementy i

podzespoły nowatorskich konstrukcji silników lotniczych, pracujących w wysokiej temperaturze (m.in. Pratt&Whitney, General Electric, Rolls&Royce). Jednocześnie powstają problemy dotyczące ich technologii. Wprowadzenie bowiem do produkcji nowych gatunków nadstopów niklu umożliwiających kształtowanie w procesie odkształcania plastycznego elementów blaszanych stanowiących podzespoły konstrukcji obudowy silników lotniczych, także z wykorzystaniem zjawiska nadplastyczności, było podstawą do rozszerzenia zakresu badań własnych. Określono w prowadzonych badaniach wpływ składu chemicznego i fazowego, warunków odkształcania plastycznego (temperatury, wielkości i prędkości odkształcania), również efekty przemian fazowych w warunkach odkształcania wysokotemperaturowego. Przyjęto założenie, że prowadzenie badań w zakresie poznawczym, będzie miało także znaczenie użytkowe – prawidłowy dobór warunków procesu przeróbki plastycznej, m.in. łopatek i dysków sprężarki wysokiego ciśnienia, także elementów obudowy o wymaganych właściwościach użytkowych. Analiza danych literaturowych i wyniki badań własnych umożliwiły przyjęcie założeń i hipotezy badawczej, że wysokotemperaturowe odkształcanie w warunkach rozpadu przesyconego roztworu stałego umożliwi kształtowanie morfologii mikrostruktury o dobrej stabilności jej składników fazowych oraz uzyskanie dobrych właściwości mechanicznych.

Stąd, wprowadzono do badania wpływu morfologii i stopnia dyspersji składników fazowych mikrostruktury na proces odkształcania plastycznego na gorąco polikrystaliczne nadstopy z grupy Inconel oraz monokrystaliczny nadstop CMSX-4 2. generacji. Przyjęte do badań gatunki nadstopów niklu przeznaczone są na silnie obciążone elementy i podzespoły silników lotniczych. Prowadzono analizę uzyskanych wyników badań i wykazano złożoność procesu odkształcania wieloskładnikowych nadstopów niklu, także trudność charakteryzowania stopnia oddziaływania składników fazowych ich mikrostruktury (morfologii, objętości względnej i dyspersji cząstek w temperaturze odkształcania) na proces odkształcania plastycznego powyżej temperatury wydzielania cząstek faz umacniających.

Uzyskano w badaniach procesu odkształcania wysokotemperaturowego nadstopów Inconel 718 i X750 oraz CMSX-4 rezultaty określające wpływ temperatury i prędkości odkształcania na wartość naprężenia uplastyczniającego. Ustalono, że zmniejszenie prędkości odkształcania (od 4×10^{-4} do 10^{-4}s^{-1}) powoduje zmniejszenie naprężenia uplastyczniającego o ok. 10% [3-8]. Znacznie większy wpływ na zmniejszenie tego naprężenia ma podwyższenie temperatury odkształcania. Wyodrębniono dodatkowo na krzywych plastycznego płynięcia odkształcanych przesyconych nadstopów niklu Inconel 718 i Inconel X750 z prędkością odkształcania 10^{-4}s^{-1} w temperaturze 700 i 800°C dwa zakresy umocnienia. Stwierdzono

intensywny, równomierny wzrost umocnienia w 1. zakresie do maksimum naprężenia uplastyczniającego przy odkształceniu $\varepsilon < 0,1$. Natomiast 2. zakres cechuje zmniejszenie naprężenia uplastyczniającego [3] – (rys. 4, 6, 7, 10 i 11). Wykazano, że zarodkowanie mikropęknięć i ich propagacja jest intensywniejsza dla odkształcenia $\varepsilon \sim 0,3$.

Analiza wartości naprężenia uplastyczniającego w zakresie wartości temperatury 900-1200°C i prędkości odkształcania $\dot{\varepsilon} = 10^{-4}$ i $4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ wykazała, że dominującym procesem odbudowy mikrostruktury jest zdrowienie dynamiczne. Stwierdzono występowanie rekrytalizacji dynamicznej podczas odkształcania nadstopów Inconel 718 i X750 oraz CMSX-4 [3] – (rys. 5, 8 i 9). Ustalono wartości współczynnika nachylenia krzywych zależności $\sigma_{pl} - 1/T$ odkształcanego stopu CMSX-4 po przesycaniu i starzeniu są zbliżone [8] (rys. 4). Przesunięcie krzywej stopu odkształcanego z prędkością odkształcania $\dot{\varepsilon} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ w temperaturze 1200°C spowodowane jest oddziaływaniem wydzielenia fazy umacniającej na kinetykę rekrytalizacji dynamicznej [8] – (rys. 4). Prowadzona analiza wyników potwierdziła wpływ warunków procesu odkształcania plastycznego na wartość naprężenia uplastyczniającego nadstopu Inconel 718 [3-6]. Ustalono również, że naprężenie uplastyczniające zależy od intensywności procesu wydzielenia cząstek faz umacniających w czasie realizowanego jednocześnie procesu odkształcania plastycznego, zwłaszcza w temperaturze $< 900^\circ\text{C}$ [4] – (rys. 2 i 3). Stwierdzono zwiększenie naprężenia uplastyczniającego odkształcanego nadstopu Inconel X750 po przesycaniu i starzeniu, wraz ze wzrostem prędkości i obniżeniem temperatury odkształcania. Przebieg uzyskanych charakterystyk mechanicznych świadczy o braku efektów rekrytalizacji dynamicznej podczas procesu odkształcania plastycznego. Badania mikroskopowe potwierdziły obecność zrekrystalizowanych ziarn, wolnych od dyslokacji [4] – (rys. 6, 7 i 8c).

Opracowane zależności $\ln \sigma_{\max} = f(1/T)$ i $\ln \sigma_{pl} = f(\ln \dot{\varepsilon})$ [4, 5 i 8], były podstawą określenia wartości $\left. \frac{\partial \ln \sigma}{\partial T^{-1}} \right|_{\dot{\varepsilon}}$ i $\left. \frac{\partial \ln \sigma}{\partial \ln \dot{\varepsilon}} \right|_T$ ([4] – równanie (9)), niezbędnych do obliczenia energii aktywacji procesu odkształcania plastycznego nadstopów CMSX-4 [8], Inconel 718 [4] i Inconel X750 [3].

Analiza wyników badań pozwala stwierdzić, że zmiana objętości względnej cząstek faz umacniających stop i wydzielających się w procesie odkształcania dla przyjętego zakresu wartości temperatury oddziałuje na zależność $\ln \sigma_{pl} = f(T^{-1})$. Zwiększenie prędkości odkształcania intensyfikuje procesy wydzielenia prowadzące do umocnienia badanych

nadstopów. Jednocześnie dla zakresu wartości temperatury 700-900°C i prędkości odkształcania 10^{-4} s^{-1} i $4 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, nie stwierdzono strefy ustalonego płynięcia plastycznego. Dlatego, wartość współczynnika niezbędnego do obliczenia energii aktywacji odkształcania wysokotemperaturowego nadstopu CMSX-4, Inconel 718 i Inconel X750 ustalono dla ograniczonego jej zakresu od 900 do 1200°C. Wartość energii aktywacji Q badanych nadstopów zależy szczególnie od temperatury i prędkości odkształcania. Wyznaczone doświadczalnie wartości średniej energii aktywacji procesu odkształcania plastycznego przesyconych i starzonych nadstopów Inconel 718, Inconel X750 i CMSX-4 w zakresie temperatury odkształcania wynoszą odpowiednio: $Q_{sr}=618,24, 617,88$ i $779,46 \text{ kJ/mol}$. Dla tych wartości określono wartość średnią Q umożliwiającą przybliżony opis matematyczny zależności pomiędzy naprężeniem i warunkami odkształcania, odpowiednio dla:

Inconel 718:

$$\varepsilon = 2,96 \times 10^{14} [\sinh(\alpha\sigma)]^{2,16} \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) \quad (2)$$

Inconel X750:

$$\varepsilon = 2,23 \times 10^{14} [\sinh(\alpha\sigma)]^{2,02} \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) \quad (3)$$

CMSX-4:

$$\varepsilon = 3,09 \times 10^{14} [\sinh(\alpha\sigma)]^{2,34} \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) \quad (4)$$

Obliczone w pracy wartości energii aktywacji oraz ustalone zależności są podstawowymi w praktyce inżynierskiej w procesach symulacji numerycznej odkształcania plastycznego metodą MES. Są niezbędne dla opracowania warunków procesów technologicznych elementów i podzespołów wykonywanych z blach i wytwarzanych z nadstopów Inconel 718, Inconel X750 i CMSX-4.

Analiza danych literaturowych zależności energii aktywacji od warunków procesu odkształcania plastycznego pozwala stwierdzić, że jej wartość Q nie jest wyznacznikiem pojedynczego procesu powodującego zmianę morfologii mikrostruktury podczas odkształcania. Udział aktywowanego cieplnie zrodzenia dynamicznego i rekrytalizacji dynamicznej w zmniejszaniu naprężenia uplastyczniającego badanych nadstopów zmienia się wraz z warunkami procesu odkształcania plastycznego. Ustalono, że wartość energii aktywacji odkształcania Q w tym przypadku jest kryterium wyróżniającym udział tych procesów w praktyce. Dlatego przyjęto wartość średnią energii aktywacji Q w modelu matematycznym, pozwalającym na określenie wartości stałej zależności warunków odkształcania i naprężenia uplastyczniającego [4, 5 i 8]. Ustalono jednocześnie, że pełna

charakteryzacja procesu odkształcania plastycznego w wysokiej temperaturze nadstopów Inconel 718, Inconel X750 oraz CMSX-4 wymaga uwzględnienia synergii oddziaływania efektów przemian fazowych w przesyconym roztworze stałym oraz procesów zdrowienia i rekrytalizacji dynamicznej. Intensyfikują one wydzielanie dynamiczne i koagulację wydzielających cząstek w lokalnych obszarach mikrostruktury charakteryzującej się podstrukturą o dużej gęstości dyslokacji [3-8]. Ustalono, że stopień niejednorodnego wydzielania dynamicznego, szczególnie w warunkach przemiany fazowej, zależy przede wszystkim od wielkości odkształcenia oraz morfologii składników fazowych wydzielających się w czasie odkształcania plastycznego.

Odształcanie plastyczne na gorąco nadstopów niklu w procesie wytwarzania blaszanych elementów obudowy silników lotniczych cechuje duża prędkość odkształcania. Kinetyka dynamicznego zdrowienia i rekrytalizacji jest kontrolowana prędkością dyfuzji. Analiza literatury oraz wyniki badań prac własnych [3-8] były podstawą do przyjęcia założenia, że warunki odkształcania plastycznego w zakresie temperatury intensywnego zdrowienia i wydzielania dynamicznego umożliwią kształtowanie morfologii składników mikrostruktury – rozmiarów wydzieleni fazy umacniającej nietypowych dla standardowych procesów. Stąd, podstawowym celem prowadzonych badań własnych w tym zakresie była charakteryzacja mechanizmów i kinetyki procesu wydzielenia faz umacniających (γ' i faz węglkowych) podczas wysokotemperaturowego odkształcania nadstopów niklu (Inconel 718, Inconel X750 oraz monokrystalicznego nadstopu CMSX-4) z uwzględnieniem synergii oddziaływania efektu procesu wydzielenia oraz dynamicznego zdrowienia i rekrytalizacji. Określenie warunków odkształcania plastycznego prowadzących do intensyfikacji wydzielania cząstek faz umacniających umożliwiło kształtowanie morfologii mikrostruktury tych nadstopów. Również na wprowadzenie opracowanych warunków do procesu produkcyjnego elementów i podzespołów części gorącej silników lotniczych.

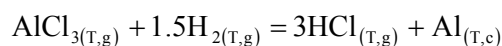
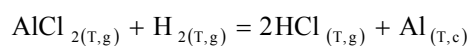
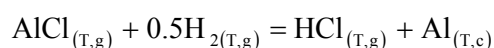
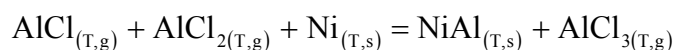
Wykazano, że morfologia składników fazowych mikrostruktury i ich stopień dyspersji oraz parametry odkształcania plastycznego wpływają na naprężenie uplastyczniające i podatność na odkształcanie plastyczne nadstopów Inconel 718, Inconel X750 i CMSX-4. Analiza wyników izotermicznej próby ściskania potwierdziła przyjęte hipotezy badawcze o roli wydzieleni faz umacniających. Stwierdzono lokalizację odkształcenia – mikropasma i pasma ścinania i ich wpływ na kinetykę wydzielenia cząstek faz umacniających badane nadstopy. Ustalono, że wpływ niejednorodnego odkształcania na postać i rozmieszczenie cząstek faz umacniających w osnowie jest szczególnie duży w nadstopie Inconel 718 i CMSX-4. W mikrostrukturze tych nadstopów po odkształcaniu plastycznym występują

obszary niejednorodnego odkształcenia przebiegające przez granice kilku ziarn. Wydzielenia tworzą orientację krystalograficzną typową dla pasm ścinania [3-6]. Metodą dyfrakcji rentgenowskiej potwierdzono obecność węglików niobu w mikrostrukturze odkształcanego nadstopu Inconel 718 [6] – rys. 3. Stwierdzono duży wpływ temperatury na kinetykę procesu jego rekrytalizacji, natomiast mały prędkości odkształcania. Mikrostrukturę odkształcanego nadstopu Inconel X750 cechują także obszary zlokalizowanego odkształcenia. Nie stwierdzono jednak wpływu warunków procesu na kierunkowe ułożenie wydzielających się cząstek faz umacniających w czasie odkształcania oraz na ich morfologię. Jednocześnie występują w mikrostrukturze nadstopu węgliki niobu, także typu $M_{23}C_6$. [7] – rys. 7 i 8. Badania mikroskopowe odkształcanego nadstopu monokrystalicznego CMSX-4 umożliwiły wykazanie różnicy w porównaniu do odkształcanych polikrystalicznych nadstopów Inconel 718 i Inconel X750. Wydzielenia fazy umacniającej γ' w stopie odkształcanym w temperaturze 1200°C utraciły kształt sześcienny pod wpływem działania naprężenia i temperatury. Ustalono obszary wydzielania cząstek fazy γ' w sposób niejednorodny i ściśle związany z liniami odkształcenia zlokalizowanego. Proces rekrytalizacji stwierdzono we wszystkich nadstopach odkształcanych plastycznie w temperaturze $>1000^\circ\text{C}$ [4-8].

Analiza wyników badań właściwości mechanicznych nadstopów niklu odkształcanych plastycznie na gorąco po przesycaniu i starzeniu była podstawą ustalenia ich plastyczności technologicznej. Wyrażona funkcją naprężenia uplastyczniającego i odkształcenia granicznego istotnie zależy od morfologii składników mikrostruktury i warunków odkształcania. Wykazano, że każdy gatunek nadstopu przyjęty do badań, cechują odrębne warunki kształtowania morfologii składników mikrostruktury zapewniające ich lepszą podatność do odkształcania plastycznego. Warunkują więc wytwarzanie elementów i podzespołów obudowy silnika o złożonych kształtach i wymiarach w procesie odkształcania plastycznego blach na gorąco charakteryzujących się dobrymi właściwościami mechanicznymi. Ustalono, że odkształcanie plastyczne nadstopów w zakresie temperatury 900-1000°C umożliwi uzyskanie morfologii składników fazowych ich mikrostruktury cechującej się dużym stopniem dyspersji. Umożliwi uzyskanie dobrych właściwości mechanicznych bez ryzyka tworzenia mikropęknięć. Pękanie nadstopów obserwowano w czasie odkształcania plastycznego w $< 700^\circ\text{C}$ [2].

Analiza danych literaturowych oraz wyników badań własnych wskazuje na ograniczone już możliwości modyfikowania składu chemicznego i fazowego nadstopów w zależności od ich zastosowania w konstrukcji silnika lotniczego, szczególnie w jego części gorącej. Stąd ciągły rozwój chłodzenia zewnętrznego lub wewnętrznego oraz stosowanie

dyfuzyjnych warstw żaroodpornych lub powłokowych barier cieplnych. Jednocześnie w realizowanych projektach dla przemysłu lotniczego oraz w badaniach własnych podjąłem próbę opracowania składu chemicznego i fazowego oraz wytworzenia warstw aluminidkowych zwiększających powierzchnię odporność na utlenianie elementów wytwarzanych z nadstopów niklu. Do badań przyjęto warstwy aluminidkowe wytworzone metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD) na podłożu z nadstopów niklu Mar M200, Rene-80 i CMSX-4. Model fizyczny osadzania się warstwy aluminidkowej na podłożu Ni opracowano dla układu faz aluminidkowych Ni-Al-Cl-H dla ciśnienia cząstkowego w reaktorze: H_2 i $HCl = 0,15$ MPa i temperatury $1000^\circ C$ [9]. Stwierdzono, że faza β -NiAl w całym zakresie wartości ciśnienia $AlCl_3$ jest stabilną na podłożu Ni. Obliczono wartość entalpii swobodnej procesu wydzielania/tworzenia cząstek fazy NiAl dla reakcji:



Prowadzona analiza wyników umożliwiła stwierdzenie, że małe stężenie HCl stosowane w procesie, zapewnia największą kinetykę wzrostu warstwy aluminidkowej na podłożu Ni. Ustalono, że siła napędowa procesu wytwarzania warstw aluminidkowych metodą CVD zależy od wartości ułamka molowego chlorków $AlCl$ i $AlCl_2$. Wykazano, że wartość ułamków molowych zależy od proporcji stężenia $K=[H_2]/[HCl]$ oraz od temperatury procesu. Określono wpływ temperatury, ciśnienia w komorze reakcyjnej oraz proporcji natężenia przepływu gazów $K=[H_2]/[HCl]$ na kinetykę wzrostu warstwy aluminidkowej [9] – (rys. 2). Potwierdzono, że przyjęte parametry procesu mają wpływ na rodzaj cząstek fazy tworzącej się na podłożu nadstopu niklu. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę opracowania modelu i symulacji procesu aluminiowania [9] – rys. 3-5. Warstwy aluminidkowe wytworzone w procesie aluminiowania metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej na podłożu nadstopu niklu charakteryzowano w badaniach mikroskopowych. Określono ich skład chemiczny i fazowy oraz grubość. Stwierdzono obecność w warstwie wierzchniej kryształów faz β -NiAl i γ' -Ni₃Al. Obliczenia termodynamiczne wykazały, że prekursorami Al są przede wszystkim związki chloru $AlCl$ i $AlCl_2$. Stąd kinetyka wzrostu warstw aluminidkowych zależy od ich stężenia w fazie gazowej.

Dla weryfikacji przyjętych hipotez badawczych wykonano procesy aluminiowania nadstopów MAR-M200, Mar M247Hf, Rene-80 i CMSX4. Wykazano dobrą zgodność

opracowanego modelu matematycznego procesu osadzania chemicznego z fazy gazowej z cechami geometrycznymi wytworzonych warstw aluminidkowych. Stosowano obliczenia w doborze parametrów procesu aluminiowania. Analiza wyników badań wskazuje, że opracowana ścieżka dyfuzji dla podłoża niklu [9] – (rys. 4), jest podstawą do prognozowania składu fazowego wytworzonej warstwy aluminidkowej. Uzyskano sekwencję międzywarstw (od zewnętrznej): β , $\gamma'+\beta$, γ , $\gamma'+\gamma$ i γ – zgodną ze ścieżką dyfuzji [9] – rys. 2 i 3. Analiza wyników symulacji numerycznej oraz wykonane obliczenia były podstawą doboru parametrów technologicznych procesów chemicznego osadzania z fazy gazowej prowadzących do uzyskania odpowiedniej jakości warstw aluminidkowych. Wykonano próby utleniania wytworzonych warstw na podłożu nadstopów niklu René-80, MarM247Hf, MarM200Hf i CMSX-4 potwierdziły zasadność przyjętych założeń badawczych. Jednocześnie prowadzone badania odporności warstw aluminidkowych na zmęczenie cieplne wykazały konieczność stosowania większego czasu ($> 8h$) procesu aluminiowania niskoaktywnego metodą CVD. Również temperatura procesu niskoaktywnego $<1040^{\circ}C$ wpływa na kinetykę wzrostu warstwy aluminidkowej o dobrej odporności na zmęczenie cieplne [10].

5. Informacje o działalności naukowo-badawczej

5.1. Działalność naukowo-badawcza prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

Pracę naukowo-badawczą rozpocząłem w Katedrze Struktury i Mechaniki Ciała Stałego na Wydziale Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w 1999 roku pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Ludwika Błaża. Dotyczyła zagadnień fizyki odkształcania plastycznego, przemiany nieciągłej i kinetyki procesu wydzielania cząstek faz umacniających w stopach Cu-Ti, stali węglowej i stopowej. Efektem realizowanych badań było ustalenie wpływu warunków odkształcania i efektu przemiany eutektoidalnej w warunkach dynamicznych na wartość naprężenia uplastyczniającego (w czasie chłodzenia w zakresie temperatury przemiany austenitu w perlit) dla stali węglowej (C-0,16%). Charakteryzację procesów dynamicznych (rekrytalizacji, zdrowienia i wydzielania) podczas odkształcania plastycznego - w zakresie temperatury przemiany nieciągłej - rozpadu przesyconego roztworu stałego, prowadziłem we współpracy z Instytutem Badań Materiałów Metalicznych w

Sztokholmie (Swedish Institute for Metals Research, obecnie KIMAB SWEREA) od 1 września 2000 roku. Pracowałem wówczas w grupie dr. inż. Tadeusza Siweckiego oraz dr. Bevis'a Hutchinson'a prowadzących badania rozwojowe dla szwedzkiego przemysłu stalowniczego dla m.in. SSAB, Kockum, ESAB, Avesta Sheffield, Svenkst Stal AB, Outokumpu Copper, Bethlehem Steel Corporation, RAUTARUUKI. Efektem tej współpracy były wdrożenia do przemysłu, m.in. wyników projektu badawczego dotyczącego opracowania warunków procesu obróbki cieplno-plastycznej wysokowytrzymałej stali (>500 MPa) niskostopowej z dodatkami Ti i Nb oraz Ti i V. Prace te prowadzono przy ścisłej współpracy z dostawcami Nb i V dla przemysłu stalowniczego w Europie. Badania natomiast wykonywano na gatunkach stali niskostopowej wytwarzanych przez szwedzki przemysł. Określono mechanizmy procesów wydzielania i wykonano ocenę stabilności wydzielonych cząstek faz umacniających w stali o różnej zawartości pierwiastków stopowych – Mn, Ti, Nb i V podczas walcowania regulowanego na gorąco [prace Instytutu SIMR m.in. A. Nowotnik, T. Siwecki: *Optimization of TMCP-parameters for energy saving during heavy plate rolling of Ti-V and Ti-Nb-microalloyed steel*. IM Report-2002-510, Swedish Institute For Metals Research, Stockholm 2002]. Wyniki tej pracy badawczo-rozwojowej były m.in. podstawą wdrożenia nowego procesu walcowania w Zakładach SSAB Oxelosund w Szwecji. Proces ten ograniczył zapotrzebowanie na energię o ok. 5% przy zachowaniu dobrych właściwości mechanicznych blach wykonanych ze stali z dodatkami Ti, V i Nb walcowanej na gorąco. Jednocześnie brałem udział (od 2001 r.) w pracach nad opracowanie numerycznego programu symulacyjnego proces spawania elementów z blach wysokowytrzymałej stali (>700 MPa). Określono stan naprężeń własnych i odkształceń w elementach spawanych oraz prowadzono badania trwałości zmęczeniowej połączeń spawanych. Opracowany na podstawie uzyskanych wyników badań model fizyczny oraz baza danych materiałowych umożliwiła ustalenie (dla wytwarzanej przez przemysł szwedzki stali) czasu nagrzewania i wygrzewania podczas spawania i przejścia od temperatury 800 do 500°C (tzw. czas $t_{8/5}$) – podstawowego parametru procesu spawania stali. Umożliwia to prognozowanie właściwości wytrzymałościowych stali w strefie wpływu ciepła w procesie symulacji numerycznej. Wyniki badań stanowiły podstawę optymalizacji warunków spawania grubych blach przy zastosowaniu dodatkowych materiałów spawalniczych firmy, m.in. Kockum i ESAB. Badania makro- i mikroskopowe połączenia spawanego – spoiny i strefy wpływu ciepła pozwoliły na identyfikację i klasyfikację morfologii wydzieleni faz międzymetalicznych tworzących się podczas spawania stali typu WELDEX w zależności od warunków procesu oraz użytych materiałów – elektrod z różnymi otulinami [2].

Uczestniczyłem także w pracach badawczych realizowanych wspólnie z ośrodkami naukowo-badawczymi z Europy, m.in. z EPFL - École Polytechnique Fédérale de Lausanne, CORREX Institut de la Corrosion, Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST. Byłem wykonawcą m.in. w projekcie 7 Programu Ramowego “*Development of methods for the characterization and modeling of precipitation in steels*” - ECSC STEEL RTD PROGRAMME - 7210-PR-160: Opracowanie metody charakteryzacji morfologii wydzieleni faz umacniających w stali niskostopowej – były podstawą opisu zmiany morfologii wydzieleni podczas obróbki cieplno-plastycznej stali. Wyniki tych badań prezentowałem na międzynarodowej konferencji "Thermomechanical Processing: Mechanics, Microstructure & Control" (*Improving heavy plate properties of Ti-Nb microalloyed steel by heavy reduction rolling*) w Sheffield 2002 r.

Przygotowałem także 7 raportów projektów realizowanych wspólnie z przemysłem szwedzkim (*Welding of strip and heavy plate of high strength steels (<700 MPa) with high interpass temperature. Optimization of TMCP-parameters for high strength (>500 MPa) in Ti-Nb-microalloyed steel. Simulering av färdigvalsning av DOMEX 700. Optimization of TMCP-parameters for energy saving during heavy plate rolling of Ti-V and Ti-Nb-microalloyed steel. Development of methods for the characterization and modeling of precipitation in steels. Transformation characteristics of weld metals of welded WELDOX 900 and HAZ properties of DOMEX 700MC. Fine-grained V-Nb-(Mo)-steels for strip and heavy plate*).

Uczestniczyłem również w opracowywaniu ekspertyz zleconych przez branżowe instytuty badawcze oraz uczelnię KTH Royal Institute of Technology in Stockholm. Jednocześnie realizowałem własną pracę naukową w ramach rozprawy doktorskiej pt. „Przemiana fazowa w warunkach wysokotemperaturowego odkształcania stali węglowej i stali niskostopowej z dodatkami Ti i V”. Stopień doktora nauk technicznych uzyskałem na Wydziale Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej w 2003 roku. W pracy doktorskiej dokonałem oceny efektów synergii odkształcania plastycznego i przemiany fazowej z uwzględnieniem stopnia niejednorodności mikrostruktury stali. Opracowano schemat kształtowania morfologii składników fazowych mikrostruktury powstających podczas nieciągłej przemiany fazowej w warunkach dynamicznych, z uwzględnieniem prędkości odkształcania i prędkości chłodzenia. Wykazano wpływ warunków obróbki cieplno-plastycznej na kinetykę procesu wydzielenia cząstek umacniających faz międzymetalicznych oraz właściwości mechaniczne stali węglowej.

Do uzyskania stopnia doktora (1999-2004 r.) byłem współautorem 7 publikacji: 1 – w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym z tzw. listy filadelfijskiej, 5 – w Zeszytach Naukowych Swedish Institute for Metals Research oraz 1 – w materiałach konferencyjnych międzynarodowych. Brałem udział jako wykonawca w 10 projektach badawczych finansowanych przez szwedzki przemysł stalowniczy oraz w 1 projekcie finansowanym przez Unię Europejską w ramach 7 programu ramowego.

5.2. Działalność naukowo- badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Po uzyskaniu stopnia doktora skoncentrowałem swoją pracę naukowo-badawczą w obszarze materiałów żaroodpornych i żarowytrzymałych stosowanych w konstrukcjach silników lotniczych. Dotyczyła przede wszystkim zagadnień obróbki cieplnej, cieplno-plastycznej i charakteryzacji właściwości mechanicznych nadstopów niklu. Rozszerzyłem zakres badań własnych o zagadnienia mechanizmu odkształcania plastycznego oraz statycznych i dynamicznych procesów aktywowanych cieplnie (rekrytalizacja i wydzielanie) podczas odkształcania plastycznego na gorąco nadstopów niklu – elementy i podzespoły części gorącej silników lotniczych – turbinę wysokiego ciśnienia.

Podjęmowane problemy badawcze dotyczyły w pierwszych latach oceny wpływu wysokotemperaturowego odkształcania na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne, charakteryzację dynamicznych procesów kształtowania morfologii składników mikrostruktury zachodzących w nadstopach niklu w procesie odkształcania plastycznego, jak również w trakcie ich pracy. Z tego obszaru pracy (lata 2007-2015) byłem kierownikiem dwóch projektów badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki pt.: „*Charakterystyka procesu wydzielania faz umacniających podczas odkształcania na gorąco i ich wpływ na stabilność mikrostruktury i właściwości nadstopów niklu*” (nr N507 115 31/2788 – 2006-2009) oraz „*Kształtowanie mikrostruktury nadstopów niklu grupy Inconel i monokrystalicznych w procesie odkształcania i obróbki cieplnej*” (nr N N507 300640, 2011-2014). W zadaniach badawczych projektów określono zakres i możliwości modyfikowania właściwości mechanicznych nadstopów niklu – polikrystalicznych stopów grupy Inconel 718 i Inconel X750 do przeróbki plastycznej oraz z grupy monokrystalicznych nadstop CMSX-4 – przez dobór parametrów procesu technologicznego (prędkości i temperatury odkształcania). Dokonano oceny możliwości zwiększenia żywotności elementów części gorącej silników lotniczych wykonanych z tych nadstopów, poprzez zmiany ich właściwości mechanicznych

w procesie odkształcania niejednorodnego oraz zmiany morfologii składników fazowych ich mikrostruktury.

Konstruktor oraz technolog w procesie projektowania oraz opracowania technologii wymaga danych trwałości eksploatacyjnej – żywotności materiałów. Stąd badania ukierunkowano na ocenę stopnia oddziaływania obciążenia, temperatury i czasu oraz środowiska gazów utleniających na żywotność nadstopów niklu pracujących w szczególnie trudnych warunkach.

Analiza danych literaturowych oraz uzyskanych wyników badań stanowiły podstawę do ustalenia składu fazowego nadstopów niklu determinujących ich właściwości wytrzymałościowe, przede wszystkim odporność na pełzanie. Są kształtowane na etapie doboru składu chemicznego nadstopów oraz warunków procesu odkształcania plastycznego. Prowadzono ocenę właściwości użytkowych nadstopów grupy Inconel oraz CMSX-4. W próbie statycznej ściskania uwzględniono zjawisko niejednorodnego odkształcania oraz badania mikroskopowe. Określono podatność nadstopów Inconel 718 i Inconel X750 oraz CMSX-4 do odkształcania na gorąco w zależności od morfologii i stopnia dyspersji składników fazowych mikrostruktury oraz warunków prowadzenia procesu. Ustalono charakter zmiany naprężenia uplastyczniającego lub maksymalnego w zależności od warunków odkształcania plastycznego. Umożliwiło to sformułowanie wniosków dotyczących kinetyki procesu wydzielania cząstek faz umacniających oraz odnowy ich mikrostruktury (dynamiczna rekrytalizacja i zdrowienie) podczas odkształcania plastycznego w wysokiej temperaturze.

Rezultatem prowadzonych badań było opracowanie optymalnych warunków procesu starzenia nadstopów niklu dla uzyskania prognozowanej wytrzymałości na pełzanie. Opracowano proces technologiczny obróbki cieplnej nadstopu CMSX-4 w warunkach wysokiej próżni, w temperaturze zbliżonej do jego temperatury topnienia. Zaprojektowano i wykonano ruszt dla próby przesycania z zastosowaniem bariery dyfuzyjnej. Uniemożliwia nadtopienie warstwy wierzchniej łopatek w czasie wygrzewania do przesycania w temperaturze ok. 1320°C. Jednocześnie poza zagadnieniami odkształcania plastycznego nadstopów niklu i jego wpływu na kinetykę dynamicznej odnowy ich mikrostruktury, uczestniczyłem w projektach dotyczących metod odlewania precyzyjnego – procesy kierunkowej krystalizacji, także monokrystalizacji nadstopów niklu. Uczestniczyłem również w projektach dotyczących opracowania warunków procesów wytwarzania dyfuzyjnych warstw ochronnych oraz powłokowych barier cieplnych metodami PVD (fizycznego

osadzania z fazy gazowej - ang. *Physical Vapour Deposition*) i CVD (chemicznego osadzania z fazy gazowej - ang. *Chemical Vapour Deposition*) na podłożu nadstopów niklu. Brałem udział nad doświadczalnym opracowaniem warunków procesu krystalizacji kierunkowej metodą Bridgmana i wdrożeniem ich do wytwarzania monokrystalicznych łopatek 1. i 2. stopnia turbiny wysokiego ciśnienia. Określono podstawowe czynniki technologiczne wpływające na doskonałość struktury krystalicznej odlewów monokrystalicznych z nadstopu niklu CMSX-4 2. generacji. Są to: jakość stopów wsadowych (ang. *master heat*), prędkość wyciągania formy ze strefy wygrzewania, poziom próżni w piecu, temperatura i czas wygrzewania formy ceramicznej oraz temperatura zalewania ciekłego metalu i rodzaj układu wlewowego.

W ramach realizowanego w Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego projektu zamawianego pt: „*Opracowanie technologii wytwarzania elementów części gorącej silników lotniczych metodą krystalizacji kierunkowej*”, Nr PBZ-MNiSW-03/I/2007), brałem udział w opracowaniu pierwszej w kraju technologii form ceramicznych do wytwarzania odlewów monokrystalicznych. Wykonano prace doświadczalne dla doboru składu chemicznego mieszaniny ceramicznej oraz sposobów przygotowania zestawów modelowych z gatunków wosku odlewniczego o różnych właściwościach fizycznych, chemicznych i mechanicznych. Opracowano skład chemiczny i fazowy masy formierskiej – określono zawartość wypełniaczy, zwiłzaczy i zagęszczaczy. Doświadczalnie uzyskano wytyczne do procesu obsypywania warstwy przymodelowej mieszaniną ceramiczną o odpowiedniej ziarnistości. Prowadziłem badania dotyczące wytwarzania warstw żaroodpornych oraz powłokowych barier cieplnych. Uczestniczyłem w wielu projektach dotyczących procesów wytwarzania ochronny warstw aluminiowych metodą fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD i chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD na podłożu nadstopów niklu oraz powłokowych barier cieplnych wytwarzanych metodą PS-PVD oraz EB-PVD, m.in. - projekt zamawiany MNiSW pt.: „*Technologia modyfikacji warstwy wierzchniej zaawansowanych materiałów konstrukcyjnych*” (Nr PBZ-MNiSW-01/I/2007); „*Zaawansowane techniki wytwarzania zespołu turbiny napędowej*” - projekt INNOLOT.

Byłem kierownikiem projektu rozwojowego pt: „*Opracowanie warunków procesu wytwarzania warstw żaroodpornych na łopatkach turbiny z nadstopu niklu z zastosowaniem fenomenologicznych modeli dyfuzji i termodynamiki procesów nieodwracalnych*” nr N R15 0121 10 (2011-2013). Opracowany model fizyczny umożliwił symulację numeryczną procesu oraz prognozowanie składu fazowego i kinetyki wzrostu warstwy – metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD. Uwzględniono w badaniach nowe osiągnięcia teorii dyfuzji

i termodynamiki procesów nieodwracalnych. W opracowanych modelach fizycznych dyfuzji w ciałach stałych wprowadzono prawo zachowania pędu oraz względnej zmiany energii układu. W dotychczas stosowanych modelach przyjmowano upraszczające założenia uniemożliwiające uwzględnienie zarówno występowania pola naprężeń, jak i dynamiki transportu masy. Stąd m.in. komercyjny program DICTRA należący do grupy zaawansowanych był nieużyteczny w zadaniach badawczych projektu. Wykonano prace stanowiące podstawę opracowania modelu łączącego fenomenologiczny opis reakcji z termodynamiką procesów nieodwracalnych. W obliczeniach termodynamicznych uwzględniono prawo zachowania: masy, gęstości i objętości oraz równanie Gibbsa-Duhema (pozwala na określanie kinetyki wzrostu warstw), zachowania energii (z uwzględnieniem procesów dysypacyjnych) także równania ruchu umożliwiającego określenie stanu naprężeń i ich oddziaływania na kinetykę procesu dyfuzji.

Analiza uzyskanych wyników badań w trakcie realizowania projektu umożliwiła rozwinięcie zagadnienia jednoczesnego wzrostu oraz kolejności powstawania wielofazowych produktów reakcji. Dotychczas były określane metodami zaproponowanymi w latach osiemdziesiątych. Obecnie stał się możliwy dokładny opis ilościowy procesów obróbki powierzchniowej, m.in. z zastosowaniem metody CVD i PVD. Przyjęty w obliczeniach układ odniesienia – sieć krystaliczna materiału - pozwolił na określenie przemieszczeń (generowanych polem naprężeń) i prędkości migracji granic międzyfazowych, także kinetyki procesu dyfuzji. Migracja granic międzyfazowych jest spowodowana różnymi wartościami współczynnika dyfuzji oraz objętości molowej tworzących się wydzieleni faz międzymetalicznych. Opracowany model umożliwia również ustalenie maksymalnych naprężeń powstających w procesie dyfuzji reakcyjnej i ich kontrolę. Uzyskane wyniki badań, oprócz wartości poznawczej, mają dużą wartość aplikacyjną. Stanowiły podstawę do opracowania nowych technologii wytwarzania warstw żaroodpornych w procesach z użyciem metody CVD, także do prognozowania ich składu fazowego i właściwości użytkowych. Opracowano nowe technologie spełniające stale wzrastające wymagania konstruktorów oraz wysokie normy ekologiczne.

W latach 2012-2014 byłem kierownikiem projektu finansowanego w ramach inicjatywy Programu Badań Stosowanych pt: *„Zastosowanie nowych metod wytwarzania powłok żaroodpornych dla wybranych elementów części gorącej silnika turbinowego w celu zwiększenia jego sprawności”*. Głównym rezultatem projektu było opracowanie nowatorskiego procesu wytwarzania dyfuzyjnych warstw aluminiowych modyfikowanych cyrkonem metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD, którego byłem

współautorem. Warstwy te wytwarzano na powierzchni roboczej pióra łopatek turbiny wysokiego ciśnienia silników lotniczych. Jednocześnie prowadziłem badania nad zastosowaniem nowych procesów wytwarzania powłokowych barier cieplnych – natryskiwania plazmowego w warunkach obniżonego ciśnienia LPPS (ang. *Low Pressure Plasma Spraying*) oraz metody PS-PVD (ang. *Plasma Spray-Physical Vapour Deposition*). Technologia ta rozwijana jest tylko w kilku ośrodkach badawczych na świecie m.in. przez Amerykańską Agencję Kosmiczną NASA oraz firmę Oerlikon Szwajcaria. Wyniki badań projektu przedstawiono na konferencjach specjalistycznych m.in. International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCTF) – San Diego 2013 oraz w prestiżowym czasopiśmie „*Surface and Coatings Technology*”. Rezultatami projektu są również zainteresowane krajowe zakłady lotnicze skupione w Stowarzyszeniu Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego "Dolina Lotnicza" m.in. Pratt&Whitney Rzeszów (dawne WSK "PZL-Rzeszów") i VAC AERO, współpracujące w trakcie realizowanych badań.

Uczestniczyłem w wielu pracach prowadzonych w Katedrze Materiałoznawstwa oraz Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego dla przemysłu lotniczego dla firm zrzeszonych w Stowarzyszeniu Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego „Dolina Lotnicza”. Dotyczyły m.in. analizy uszkodzeń oraz ustalenia przyczyn powstania wad w elementach stosowanych w produkcji lotniczej. Byłem wykonawcą zadań badawczych dotyczących charakteryzacji procesu rozpadu faz martenzytycznych w dwufazowych stopach tytanu $\alpha+\beta$ oraz oceny jego plastyczności na gorąco. Brałem udział w pracach nad opracowaniem technologii nawęglania silnie obciążonych kół zębatych przekładni lotniczych w warunkach niskiej próżni LPC (ang. *Low Pressure Carburizing*). Jest obecnie wdrażana przez Pratt&Whitney Rzeszów do produkcji elementów nowatorskiej pod względem konstrukcyjnym przekładni nowego silnika GTF – (ang. *Gear Turbo Fan*). Wynikiem projektu wspólnie realizowanego z Pratt&Whitney Rzeszów jest zgłoszenie patentowe, którego jestem współautorem. Brałem również czynny udział w pracach dotyczących analizy morfologii składników fazowych mikrostruktury oraz wpływu warunków skrawania na strukturę geometryczną powierzchni elementów wykonanych z trudnoobrabialnych konwencjonalnych stopów tytanu oraz stopów na osnowie faz międzymetalicznych α_2 (Ti_3Al) i γ ($TiAl$).

Obecnie pracę naukowo-badawczą koncentruję w zakresie problematyki związanej z procesami nawęglania próżniowego oraz wytwarzania powłokowych barier cieplnych metodą fizycznego osadzania z fazy gazowej EB-PVD (ang. *Electron Beam Physical Vapour*

Deposition), natryskiwania plazmowego w warunkach ciśnienia atmosferycznego (APS) za pomocą palnika konwencjonalnego (ang. *Atmospheric Plasma Spraying*) i palnika naddźwiękowego (HVOF), natryskiwania plazmowego w warunkach obniżonego ciśnienia (ang. *Low Pressure Plasma Spraying*) oraz chemicznego osadzania wspomaganego plazmą wyładowania jarzeniowego PA-CVD (ang. *Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition*) na podłożu nadstopów niklu.

Wyniki własnej pracy naukowo-badawczej przedstawiłem w **106** publikacjach naukowych, w tym w 7 publikacjach autorskich. Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych opublikowałem 7 prac. W wykazie Journal of Citation Reports of Thomson Reuters zamieszczono **31** publikacje. Pozostałe wyniki pracy naukowej opublikowano w czasopiśmie listy A i B MNiSW. Publikacje mojego autorstwa lub współautorstwa uzyskały łącznie **1056** punktów zgodnie z punktacją MNiSW - **1031** punktów po doktoracie. Sumaryczny Impact Factor wynosi **IF = 30,419** - po doktoracie **29,052**. Liczba cytowań publikacji – **46** wg bazy Web of Science i **76** wg bazy Scopus. Współczynnik Hirscha wg bazy Web of Science **h=4**, wg bazy Scopus **h=4**.

Uczestniczyłem czynnie w ponad 30 konferencjach o zasięgu krajowym i międzynarodowym – w tym w 13 konferencjach zagranicznych organizowanych w USA, Portugalii, Francji, Niemczech, Czechach i Anglii. Wygłaszałem referaty, w tym cztery prezentacje jako „*invited speaker*” (Advanced Coating Technologies for Aviation Applications Symposium, Rzeszów 21-24.10.2012; International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials THERMEC 2013, Las Vegas USA, 2-06.XII.2013; International Conference on High-Power Electron Beam Technology “ebeam 2014”, Reno USA 26.28.10.2014; International Conference - Turbine Forum 2016, Nicea 26-29.04.2016) oraz prezentowałem wyniki badań w formie posterów. Brałem czynny udział w organizacji konferencji naukowej nt: „*Advanced Coating Technologies for Aviation Applications Symposium*” w Politechnice Rzeszowskiej w dniach 21-24.10.2012r. Obecnie jestem głównym organizatorem „*2nd ALD Symposium on Technologies & Equipment for Aircraft Engine Components*”, które odbędzie się w dniach 26 – 30 wrzesień, 2016 w Krakowie i Rzeszowie.

Uczestniczyłem w realizacji 6 projektów badawczych uzyskanych w ramach konkursów MNiSW, dwóch jako kierownik. Brałem udział w realizacji dwóch zadań Projektu Kluczowego pt: „*Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym*”. Obecnie realizuję projekt badawczy finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

w ramach inicjatywy PBS pt. „*Opracowanie nieniszczących metod charakteryzacji warstw nawęglanych w kołach zębatych*” oraz uczestniczę w wykonywaniu projektu PBS pt: „*Opracowanie technologii i wspomaganie komputerowego hartowania indukcyjnego konturowego elementów stalowych o złożonych kształtach*” i projektu realizowanego w ramach Programu INNOTECH – InTech pt: „*Opracowanie i wdrożenie technologii zrobotyzowanego spawania złączy teowych elementów silnika lotniczego wraz z systemem monitorowania parametrów procesu*”. Brałem lub biorę udział w 19-tu projektach badawczych, celowych i rozwojowych realizowanych w Katedrze Nauki o Materiałach oraz Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego finansowanych ze środków budżetowych i unijnych.

Uczestniczę jako ekspert i recenzent Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ocenie projektów badawczych. Wykonałem 33 recenzji projektów zgłoszonych w ramach inicjatywy *Szybka Ścieżka*. Wykonałem 2 recenzje projektów międzynarodowych zgłoszonych w ramach programu ramowego *Polish-Swiss Research Programme* oraz 3 recenzje projektów Narodowego Centrum Nauki. Wykonuję również recenzje prac naukowych dla czasopism umieszczonych w Journal of Citation Reports of Thomas Reuters. Dla czasopisma *Surface and Coatings Technology* (IF= 2,046) wykonałem recenzje 4 prac, dla czasopisma *Journal of Microscopy* (IF=1,517) 3 prac, a dla *Journal of Materials Engineering and Performance* (IF=1,094) 3 recenzji prac.

6. Informacje o działalności dydaktycznej

W ramach obowiązków dydaktycznych przygotowywałem i prowadziłem wykłady, ćwiczenia laboratoryjne, prace przejściowe i dyplomowe dla studentów Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa na kierunku: *Inżynieria Materiałowa, Mechanika i Budowa Maszyn, Lotnictwo i Kosmonautyka, Mechatronika, Zarządzanie w Przemysle* oraz na Wydziale Chemicznym.

Prowadziłem zajęcia dydaktyczne z przedmiotów:

1. Materiały konstrukcyjne i podstawy obróbki cieplnej – laboratoria
2. Metaloznawstwo i obróbka cieplna – laboratoria
3. Materiałoznawstwo i obróbka cieplna – laboratoria
4. Mikroskopia elektronowa – ćwiczenia i laboratoria
5. Metaloznawstwo ogólne – wykład i laboratoria
6. Materiały konstrukcyjne – wykład i laboratoria

7. Materiałoznawstwo lotnicze – laboratoria
8. Metaloznawstwo i podstawy obróbki cieplnej – wykład i laboratoria
9. Historia techniki – wykład
10. Nauka o materiałach – wykład i laboratoria
11. Fizyka metali – wykład i laboratoria
12. Nadstopy – wykład i laboratoria
13. Stopy żaroodporne i żarowytrzymałe – wykład i laboratoria
14. Materiałoznawstwo medyczne – wykład i laboratoria
15. Nowoczesne technologie materiałowe – wykład i laboratoria

W latach 2004-2016 byłem opiekunem: 4 prac przejściowych, 6 prac inżynierskich i 6 magisterskich. Pod moim kierunkiem wykonano 1 pracę inżynierską i 1 pracę magisterską przez studentów Cape Peninsula University of Technology z Republiki Południowej Afryki. Pod moim kierunkiem realizowane są obecnie dwie prace inżynierskie i dwie magisterskie. Jestem współautorem skryptu dla studentów „Metaloznawstwo – Laboratorium”.

7. Informacje o działalności organizacyjnej

W ramach działalności organizacyjnej w Katedrze Nauki o Materiałach uczestniczyłem w pracach przygotowawczych oraz realizacji projektu inwestycyjnego – „Rozbudowa Nowoczesnego Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego” (2008-2012 r.). Opracowałem podstawę Studium Wykonalności inwestycji oraz byłem odpowiedzialny za realizację zakupów aparaturowych. Przygotowywałem specyfikacje istotnych warunków zamówienia dla wszystkich urządzeń planowanych do zakupu w ramach realizowanego przedsięwzięcia o wartości 38 mln zł. Współpracując z profesorem Janem Sieniawskim byłem odpowiedzialny za realizację inwestycji budowlanej, przede wszystkim w zakresie przygotowania instalacji dla wysokozaawansowanej aparatury badawczej, m.in. instalacji elektrycznych, gazowych, sprężonego powietrza oraz układu chłodzenia dla urządzeń. Większość zamówień poprzedzona była rozmowami z ich dostawcami. Były to firmy wytwarzające specjalistyczne urządzenia przemysłowe dla światowych wytwórców silników lotniczych, m.in. Oerlikon Metco (dawny Sulzer Metco), ALD Vacuum Technologies GmbH, IonBond, Triumph i in. Organizowałem konsultacje z przedstawicielami tych firm, zarówno podczas przygotowań do zakupu, jak i w trakcie dostawy i instalacji. Kilkuletnie zaangażowanie w realizację inwestycji było podstawą rozszerzenia możliwości badawczych

Uczelnianego Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego Politechniki Rzeszowskiej. Stało się centrum badawczym nowych technologii klastra uczelniano-przemysłowego i Dolina Lotnicza. Ma wpływ na organizowanie międzyuczelnianych zespołów badawczych i prowadzenie prac w obszarze wysokozaawansowanych materiałów i technologii ukierunkowanych na wytwarzanie elementów części gorącej silników lotniczych w procesie odlewania precyzyjnego materiałów o strukturze monokrystalicznej lub z ziarnami o ukierunkowanej orientacji oraz wytwarzania warstw ochronnych i powłokowych barier cieplnych pracujących w warunkach korozji wysokotemperaturowej w środowisku gazów utleniających, także na procesy przeróbki plastycznej materiałów trudnoodkształcalnych – technologii determinujących trwałość i niezawodność konstrukcji lotniczych.

Brałem czynny udział w pracach na rzecz uzyskania przez Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego światowej akredytacji „*The National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program*” NADCAP oraz Polskiego Centrum Akredytacyjnego PCA, jak i certyfikacji dla procesów specjalnych w lotnictwie. Uzyskanie tych akredytacji przez Laboratorium umożliwia wykonywanie badań, których wyniki są akceptowane przez wszystkie światowe wytwórnie silników lotniczych, także przez podwykonawców tych firm rozpoczynających działalność w Rzeszowie lub w regionie. Jest jedynym laboratorium w Europie środkowo-wschodniej posiadającym certyfikację NADCAP - światowego programu ustalającego wspólne standardy prowadzenia procesów specjalnych oraz badań materiałów lotniczych, kosmicznych, w przemyśle obronnym, także gałęziach przemysłu z nimi powiązanych. Akredytacja Nadcap jest ogólnosiwiatowym standardem wymaganym dla wszystkich producentów i poddostawców przemysłu lotniczego oraz laboratoriów pracujących na potrzeby tego przemysłu.

Obecnie jestem odpowiedzialny za przygotowanie projektów badawczych wspólnie z jednostkami naukowo-badawczymi i partnerami przemysłowymi z krajów europejskich również z USA i Kanady. Przygotowywałem projekt umowy o współpracę z jedną z największych firm lotniczych zrzeszonej w konsorcjum SAFRAN. Współorganizuję prace badawcze w konsorcjum GOLETA zrzeszającym m.in. Instytut Kosmiczny z Niemiec – DLR Cologne oraz klaster Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Uczestniczyłem czynnie w przygotowaniach projektów, które następnie z sukcesem są realizowane w Uczelnianym Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego przez zespoły międzyuczelniane.

8. Współpraca międzynarodowa

Katedra Nauki o Materiałach i Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego stanowi centrum badawczo-doświadczalno-rozwojowe nowych technologii klastra uczelniano-przemysłowego. Stąd szeroka współpraca z zagranicznymi ośrodkami badawczymi oraz producentami urządzeń dla przemysłu lotniczego, m.in. z Oerlikon Metco oraz ALD Vacuum Technologies GmbH. Obecnie jestem kierownikiem projektu wykonywanego z firmą ALD Vacuum Technologies GmbH, którego celem jest unowocześnienie konstrukcji urządzenia „Smart Coater” oraz opracowanie nowych technologii warstwy ceramicznej powłokowych barier cieplnych metodą fizycznego osadzania z fazy gazowej z odparowaniem materiałów ceramicznych za pomocą wiązki elektronów EB-PVD. Dotychczas wykonano modernizację urządzenia w Laboratorium – wprowadzono instalację drugiego podajnika wlewków ceramicznych. Jednocześnie przygotowany jest projekt montażu nowego źródła plazmy w urządzeniu EB-PVD „Smart Coater”. Umożliwi kontrolę parametrów procesu osadzania odparowanej ceramiki na podłożu metalicznym oraz poprawę jakości wytwarzanych powłok, także przyspieszenie procesu. Projekt jest realizowany wspólnie z firmą ALD Vacuum Technologies GmbH oraz Fraunhofer Institute Drezno. Uczestniczę wspólnie z firmą SAFRAN w przygotowaniu projektu dotyczącego nowych rozwiązań w technologii powłokowych barier cieplnych metodą EB-PVD oraz LPPS Thin Films dla przemysłu francuskiego. Program wspólnych badań przyczyni się do rozwoju nowych technologii – mogą stanowić podstawę do przyznania wyłączności na opracowane warunki procesu technologicznego i ich opatentowanie. Wspólnie z Instytutem Deutsches Zentrum für Luft – und Raumfahrt DLR– Niemieckim Instytutem Badań Lotniczych przygotowano projekt, którego celem jest organizacja polsko-niemieckiego centrum zaawansowanych badań nad powłokowymi barierami cieplnymi. Projekt ten pt.: „GOLETA –*Deutsch-Polnisches EB-PVD Technologie-Center of excellence für Luftfahrtanwendungen*” został pozytywnie zaopiniowany (jeden z 15-tu spośród 117 złożonych projektów) i jest finansowany przez Ministerstwo Gospodarki w Niemczech (od 1.10.2015 r.). Podstawą tego projektu były wyniki badań projektu PBS pt.: „*Zastosowanie nowych metod wytwarzania powłok żaroodpornych dla wybranych elementów części gorącej silnika turbinowego w celu zwiększenia jego sprawności*”. Wiedza uzyskana przez pracowników w trakcie realizacji prac badawczych w ramach tego projektu stanowić będzie podstawę budowanego wspólnie z niemieckim partnerem Centrum Zaawansowanych

Badań Technologii EB-PVD oraz wdrażania nowych opracowywanych technologii do przemysłu. Dodatkowo pozytywnym wynikiem projektu GOLETA jest możliwość prowadzenia eksperckich paneli oraz szkoleń dla europejskiego i światowego przemysłu lotniczego. Duży potencjał Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego wynika z coraz większego zainteresowania przemysłu lotniczego jednostkami naukowo-badawczymi, które mogą stać się zapleczem badawczym dla firm, jak również zapleczem produkcyjnym realizującym niewielkie zamówienia.

Brałem udział, w ramach współpracy z Ministerstwem Nauki i Technologii Republiki Południowej Afryki w 2008 roku w pracach zespołu eksperckiego powołanego przez podsekretarza stanu dr. Nawaza Mahomeda dla oceny możliwości odbudowy przemysłu lotniczego i wzrostu potencjału jednostek naukowych prowadzących badania w tym zakresie, w ramach wspólnie realizowanych projektów. Przebywałem ponad 30 dni w RPA (2008 r.) – odbyłem kilkadziesiąt spotkań i rozmów z przedstawicielami nauki i przemysłu na obszarze całego kraju. Były podstawą w przygotowaniu raportu oraz programu naprawczego przemysłu wysokozaawansowanych technologii RPA. Wygłosiłem w 2013 r. na Wydziale Mechanicznym Cape Peninsula University z Kapsztadu cykl wykładów dotyczących żaroodpornych i żarowytrzymałych stopów stosowanych w przemyśle lotniczym i energetycznym. Wyjazd był finansowany w ramach rządowego programu Regionalnego Funduszu Rozwojowego RPA.

Obecnie jestem kierownikiem projektu realizowanego w ramach inicjatywy CORNET 19th Call wraz z Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) oraz Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS pt.: „*New methods of advanced thermal barrier and environmental barrier coating deposition and characterization*”, mającego na celu opracowanie technologii elementów turbiny wykonanych z kompozytów ceramicznych TVF (Turbine Vane Frame)” realizowanym przy współpracy z European Society of Thin Films Niemcy, Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme, Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme, Institutsteil Materialdiagnostik oraz z Technische Universität Dresden/Dresden Center for Nanoanalysis. Brałem również czynny udział w pracach prowadzonych w ramach projektu CLEAN SKY pt.: „*High temperature Ni-based super alloy casting process advancement – hitecast*” mającego na celu opracowanie procesu odlewania elementu turbiny stacjonarnej do dużych rozmiarach TEC (Turbine Exhaust Component) z nadstopu Haynes 282. Projekt był realizowany wspólnie z GKN Aerospace Engine Systems Sweden – Trollhättan. Obecnie złożony został wniosek o finansowanie

rozwińnięcia tego projektu w ramach programu Clean Sky 2, pt: „*Development of the investment casting process and weldability for high temperature capable superalloys*”. Jestem również odpowiedzialny za organizację prac badawczych przy współpracy z Tampere University of Technology – Finlandia – dotyczących nowych metod badań nieniszczących warstwy nawęglanej w kołach zębatych. W projekcie bierze udział firma StressTech Szwecja – producent aparatury pomiarowej wykorzystującej zjawisko szumu Berkhausena. W projekcie CORNET pt: “*Alternative coatings to cadmium and hard chromium with potential for second generation developments – Alti2De*”, mającym na celu opracowanie nowych technologii i materiałów dla zastąpienia związków kadmu i chromu sześciowartościowego, jestem głównym wykonawcą. Projekt wpisuje się w inicjatywę Komisji Europejskiej – REACH i jest realizowany wspólnie z Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V., Hilden Niemcy, Materia Nova, Mons, Belgia, Fraunhofer UMSICHT, Institute Branch Sulzbach-Rosenberg, Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films (IST) – Braunschweig, Technische Universität Ilmenau, FG Elektrochemie und Galvanotechnik, Ilmenau z Niemiec oraz CRM Casbl, Liege, Belgia. Biorę obecnie udział w organizacji prac badawczych jako wykonawca projektu CLEANSKY 2 pt: „*Development of an integrated lightweight turbine vane frame -DELIGHT*”. Jest realizowany wspólnie z TUSAS Engine Industries, Inc. (TEI), Turcja, Institut von Karman de Dynamique des Fluides AISBL (IVKDF), Belgia, oraz SDM Research and Engineering (SDM R&D) Turcja. Również biorę udział w przygotowaniach do realizacji projektu prowadzonego w ramach Inicjatywy HORYZONT 2020 pt: „*Robust Additive Manufacturing Technology for Future Aerospace Light-Weight Applications – RAMLIGHT*”. Celem będzie opracowanie nowych technologii z zastosowaniem metod przyrostowych (Additive Manufacturing). Projekt będzie wykonywany wspólnie z Swerea KIMAB AB (KIMAB) – Szwecja, GKN AerospaceSweden AB – Trollhättan, GE AVIO srl, TORINO – Włochy, MTU AERO ENGINES AG (MTU) – Niemcy, Snecma SAS, Paris cedex, Francja, Techspace Aero SA – Belgia, National Aerospace Laboratory (NLR), Holandia, Industria de Turbo Propulsores, S.A. (ITP), Zamudio-Vizcaya Włochy, TUSAS MOTOR SANAYII A.S. (TEI), Tepebasi Eskisehir, Turcja i TURBOMECA S.A.S, Bordes, Francja. Jestem odpowiedzialny za przygotowanie zakresu zadań badawczych i realizację prac w ramach tego projektu wspólnie realizowanego z SAFRAN France pt.: „*Developement of new TBC coating systems manufactured by EB-PVD*”.

9. Nagrody

W okresie pracy w Politechnice Rzeszowskiej zostałem nagrodzony przez Rektora Nagrodą Indywidualną II stopnia, Nagrodą Indywidualną III stopnia i Nagrodą Zespołową II stopnia 3-krotnie oraz III stopnia za osiągnięcia w zakresie publikacji naukowych.

- Nagroda Rektora PRz zespołowa II-go stopnia	Politechnika Rzeszowska, 2008
- Nagroda Rektora PRz indywidualna III-go stopnia	Politechnika Rzeszowska, 2009
- Nagroda Rektora PRz zespołowa III-go stopnia	Politechnika Rzeszowska, 2010
- Nagroda Rektora PRz zespołowa II-go stopnia	Politechnika Rzeszowska, 2011
- Nagroda Rektora PRz zespołowa III-go stopnia	Politechnika Rzeszowska, 2013
- Nagroda Rektora PRz indywidualna II-go stopnia	Politechnika Rzeszowska, 2014

10. Odbyte staże naukowe, kursy i szkolenia

1. 2005-2006 r. – Staż przemysłowy w Pratt & Withney Rzeszów (dawne WSK „PZL-Rzeszów” S.A.) na Wydziale Odlewni Precyzyjnej – 6 miesięcy.
2. 2005 r. – Staż naukowy w firmie ARL Applied Research Laboratories S.A. – Ecublens – Szwajcaria – 2 tygodnie.
3. 2007 r. – Szkolenie „Autumn School on Materials Science and Electron Microscopy” - nowoczesne metod stosowanych w transmisyjnej mikroskopii elektronowej (EBSD, EDS) oraz preparatyki (repliki i cienkie folie) - International Center of Advanced Materials Science and Electron Microscopy w Berlinie.
4. 2007 r. – Szkolenie z zakresu baz danych dyfrakcyjnych w International Center for Diffraction Data ICDD Pensylwania, USA – 1 tydzień.
5. 2007 r. – Szkolenie dotyczące badań właściwości mechanicznych nadstopów niklu, Instron High Wycombe, Wielka Brytania – 1 tydzień.
6. 2008 r. – Szkolenie z zakresu technologii powłokowych barier cieplnych TBC oraz odlewów monokrystalicznych - University of Florida, USA – 1 tydzień.

7. 2014 r. – Staż SIMS (Science Infrastructure Management Support) organizowany przez NCBiR obejmujący szkolenia z zakresu przygotowania jednostek naukowych do nowych wyzwań związanych z wykorzystaniem potencjału badawczego w nowowytbudowanych laboratoriach, w jednostkach naukowych zarządzających dużą infrastrukturą badawczą – Fraunhofer, Max-Planck-Gesellschaft, w Niemczech oraz w firmie o profilu High Technology IBM, USA – 6 tygodni.
8. 2014-2015 r. – Szkolenie dla stażystów SIMS, dotyczących m.in.: utrzymania trwałości oraz płynności finansowej projektów infrastrukturalnych; zwiększenia świadomości różnorodnych procesów, którymi należy zarządzać przy okazji zarządzania centrum badań stworzonym wokół aparatury; poznanie mechanizmów i kultury współpracy z biznesem; profesjonalnego budowania kadr i zarządzania zasobami ludzkimi; zaobserwowania dobrych praktyk zarządczych i wdrożenie ich we własnej jednostce badawczej NCBiR – 2 tygodnie.

WYKAZ OSIĄGNIĘĆ W PRACY NAUKOWO-BADAWCZEJ

dr inż. Andrzej Nowotnik, ur. 18.09.1974 r.

1. Praca doktorska

„Przemiana fazowa w warunkach wysokotemperaturowego odkształcania stali węglowej i stali niskostopowej z dodatkami Ti i V”

2. Publikacje

2.1. Przed uzyskaniem stopnia doktora

1. L. Błaż, **A. Nowotnik**: High temperature deformation of aluminium bronze. *Materials Science and Technology*, **17**(2001), 971-975 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 50% - opracowałem wyniki badań, wykonałem próby ściskania i przeprowadziłem badania mikrostruktury odkształconego brązu aluminiowego*)
2. T. Siwecki, **A. Nowotnik**: Welding of strip and heavy plate of high strength steels (<700 MPa) with high interpass temperature. *IM Report-2001-039*, Swedish Institute For Metals Research, Stockholm 2001 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 50% -*

- opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych złącza spawanego)*
3. T. Siwecki, **A. Nowotnik**, D. Rebois: Optimization of TMCP-parameters for high strength (>500 MPa) in Ti-Nb-microalloyed steel. *IM Report-2001-045*, Swedish Institute For Metals Research, Stockholm 2001 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 40% - opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem symulacje procesu regulowanego walcowania stali na maszynie wytrzymałościowej MTS, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stali*)
 4. M. Rynemark Bergman, **A. Nowotnik**: Simulering av färdigvalsning av DOMEX 700. *IM Report-2001-810*, Swedish Institute For Metals Research, Stockholm 2001 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 50% - opracowałem wyniki badań, wykonałem symulacje procesu regulowanego walcowania stali na maszynie wytrzymałościowej MTS, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stali*)
 5. **A. Nowotnik**, T. Siwecki: Optimization of TMCP-parameters for energy saving during heavy plate rolling of Ti-V and Ti-Nb-microalloyed steel. *IM Report-2002-510*, Swedish Institute For Metals Research, Stockholm 2002 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem symulacje procesu regulowanego walcowania stali na maszynie wytrzymałościowej MTS, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stali na urządzeniu Lagan Press*)
 6. T. Siwecki, **A. Nowotnik**, I. Gustafsson: Development of methods for the characterization and modeling of precipitation in steels. *Progress ECSC STEEL RTD PROGRAMME - 7210-PR-160*, Stockholm 2002 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 40% - opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, opracowałem metodykę przygotowania preparatów do badań z użyciem mikroskopu elektronowego TEM, przygotowałem izolaty faz międzymetalicznych*)
 7. T. Siwecki, **A. Nowotnik**: Improving heavy plate properties of Ti-Nb microalloyed steel by heavy reduction rolling. *Proc. Int. Conf. "Thermomechanical Processing: Mechanics, Microstructure & Control"*, Sheffield 2002 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 60% - opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem symulacje procesu regulowanego walcowania stali na maszynie wytrzymałościowej MTS, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stali na urządzeniu Lagan Press*)

2.2. Wykaz publikacji po doktoracie:

8. **A. Nowotnik**, T. Siwecki: Transformation characteristics of weld metals of welded WELDOX 900 and HAZ properties of DOMEX 700MC. IM Report-2003-112, Swedish Institute For Metals Research, Stockholm 2003 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych złączy spawanych na stali Weldox i Domex*)
9. T. Siwecki, **A. Nowotnik**, T. Kozieł: Fine-grained V-Nb-(Mo)-steels for strip and heavy plate. IM Report-2003-118, Swedish Institute For Metals Research, Stockholm 2003 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 50% - opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stali*)
10. **A. Nowotnik**, L. Błaż, J. Sieniawski: Przemiana fazowa stali węglowej 0,16% w warunkach odkształcania wysokotemperaturowego. Mat. Seminarium poświęconego 70 rocznicy urodzin Prof. Z. Jasińskiego "Niejednorodności odkształcenia w procesach przeróbki plastycznej i rekrytalizacji", Kraków 2005, 213-225 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem próby odkształcania stali węglowej przy zastosowaniu maszyny wytrzymałościowej MTS oraz na dylatometrze odkształceniowym, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stali po ściskaniu*)
11. **A. Nowotnik**, L. Błaż, J. Sieniawski: Interaction of phase transformation and deformation process during hot deformation of 0.16%C steel. *Defect and Diffusion Forum*, **237-240**(2005), 1240-1245, IF=0,31 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem próby chłodzenia na dylatometrze w celu wyznaczenia wykresu CTPc badanej stali, wykonałem próby odkształcania stali na dylatometrze odkształceniowym, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stali po ściskaniu*)
12. **A. Nowotnik**, L. Błaż, T. Siwecki, J. Sieniawski: Analiza procesu odkształcania stali węglowej 0.158%C w zakresie temperatury przemiany fazowej. Mat. Konf. "Forming 2005" Lednice 2005, VŠB-Technická univerzita, Ostrava 2005, 193-198 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 60% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem*

- wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, przeprowadziłem badania mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stali po odkształcaniu przy zastosowaniu stałej prędkości odkształcania i chłodzenia)
13. G. Mrówka- Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: Investigation of precipitation strengthening process and influence of temperature and time of artificial aging on the microstructure and mechanical properties of 6xxx aluminium alloys. Proc. Conf. CAM3S'2005, Gliwice - Zakopane 2005, 686-693 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20% - wykonałem próby odkształcania badanych stopów aluminium, opracowałem wyniki badań, redagowałem tekst*)
 14. G. Mrówka- Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: Influence of precipitation strengthening process on the mechanical properties of 6082 wrought aluminium alloy. *Archives of Metallurgy and Materials*, **51**(2006), 33-36, IF=1,09 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30% - wykonałem próby odkształcania badanych stopów aluminium, opracowałem wyniki badań, redagowałem tekst*)
 15. G. Mrówka- Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: The effect of aging process on mechanical properties of wrought aluminium alloy. Proc. XIII Int. Conf. "Maszynostroenie i technosfera XXI wieku", Donieck 2006, 94-98 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30% - opracowałem wyniki badań odkształczanych w próbie ściskania stopów aluminium, redagowałem tekst*)
 16. **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, G. Mrówka-Nowotnik: Microstructure and properties of hot-deformed carbon steel. Proc. XIII Int. Conf. "Maszynostroenie i technosfera XXI wieku", Donieck 2006, 113-117 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania stali przy zastosowaniu maszyny wytrzymałościowej MTS, opracowałem wyniki badań, wyznaczyłem charakterystyki odkształcania, redagowałem tekst*)
 17. **A. Nowotnik**, L. Błaż, J. Sieniawski: Mikrostruktura i właściwości stali węglowej odkształcanej plastycznie na gorąco. Mat. Konf. "Metalurgia 2006", Krynica 2006, str. 741-746 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania stali przy zastosowaniu maszyny wytrzymałościowej MTS, opracowałem wyniki badań, wyznaczyłem charakterystyki odkształcania, redagowałem tekst*)
 18. **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, K. Kubiak: Wpływ warunków odkształcenia i mikrostruktury na naprężenie uplastyczniające stali niskowęglowej o zawartości 0,156%C. *Inżynieria Materiałowa*, **151**(2006)3, 237-240 (*Mój wkład w powstanie tej*

publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań – w tym badania mikrostruktury, redagowałem tekst)

19. G. Mrówka- Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: Tensile properties and fracture toughness of heat treated 6082 alloy. *J. Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, **17**(2006)1-2, 105-108 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30% - wykonałem próby rozciągania na maszynie wytrzymałościowej Instron, opracowałem wyniki badań, wyznaczyłem charakterystyki odkształcania, redagowałem tekst*)
20. **A. Nowotnik**, L. Błaż, T. Siwecki, J. Sieniawski: Phase transformation during hot deformation of 0.16%C steel. *Archives of Metallurgy and Materials*, **51**(2006), 187–192. IF=1,09 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań – w tym badania mikrostruktury, redagowałem tekst*)
21. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: Intermetallic phase identification on the cast and heat treated 6082 aluminium alloy. *Archives of Metallurgy and Materials*, **51**(2006), 599-603, IF=1,09 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20% - przeprowadziłem analizę wyników badań dyfraktometrycznych, wykonałem badania mikrostruktury*)
22. **A. Nowotnik**, G. Mrówka-Nowotnik: The effect of deformation parameters on flow stress value and activation energy of low carbon steel. Wydawnictwo IPPT PAN. Proc. “10th European Mechanics of Materials Conference EMMC10”, Kazimierz Dolny 2007, 409-419 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury*)
23. **A. Nowotnik**: Austenite to ferrite and pearlite transformation under hot deformation of the carbon steel. Autumn School on Materials Science and Electron Microscopy 2007 - “Microscopy - advanced tools for tomorrow’s materials”, Berlin 2007, 44-45 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego i transmisyjnego mikroskopu elektronowego TEM*)
24. B. Sartowska, J. Piekoszewski, L. Walis, J. Senatorski, J. Stanislawski, M. Kopcewicz, M. Barlak, **A. Nowotnik**: Formation of a surface layer with improved tribological properties on unalloyed steels using intense plasma pulses. Proc. Edited by Howard Jones

- “5th Decennial International Conference on Solidification Processing”. Sheffield 2007, 641-645 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 15% - przeprowadziłem badania dyfraktometryczne, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań dyfraktometrycznych*)
25. B. Sartowska, J. Piekoszewski, L. Walis, J. Senatorski, J. Stanislawski, L. Nowicki, R. Ratajczak, M. Kopcewicz, W. Szymczyk, **A. Nowotnik**: Phase composition and properties of unalloyed steels surfaces modified by intense plasma pulses with various reactive gas fluencies. *Plasma Processes & Polymers*, 4(2007), 314-318, IF=2,543 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 15% - przeprowadziłem badania dyfraktometryczne, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań dyfraktometrycznych*)
26. **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, M. Wierzińska: Austenite decomposition in carbon steel under dynamic deformation conditions. *J. Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 20(2007), 105-108 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego i transmisyjnego mikroskopu elektronowego TEM*)
27. **A. Nowotnik**, T. Siwecki: Influence of welding parameters on microstructure and mechanical properties of strip of the high strength steel. XVIII Physical Metallurgy and materials Science Conference „Advanced Materials & Technologies AMT 2007”, Warszawa 2007, *Inżynieria Materiałowa*, 3-4(2007), 3-4 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania stali, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego*)
28. B. Sartowska, J. Piekoszewski, L. Walis, J. Senatorski, J. Stanislawski, L. Nowicki, R. Ratajczak, M. Kopcewicz, M. Barlak, **A. Nowotnik**: Modification of structure and properties of unalloyed steels with intense argon and nitrogen plasma pulse. *Inżynieria Materiałowa*, 3-4(2007), 728-732 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 10% - przeprowadziłem badania dyfraktometryczne, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań dyfraktometrycznych*)
29. **A. Nowotnik**, K. Kubiak: Wpływ parametrów odkształcania na procesy wydzieleniowe w nadstopie niklu typu Inconel. *Hutnik - Wiadomości hutnicze*, 76(2008)8, 432-435 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania nadstopu niklu, opracowałem wyniki badań,*

- przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego)*
30. **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, G. Mrówka-Nowotnik: Discontinuous transformation in the steel under hot deformation conditions. *Int. J. Materials and Product Technology*, **33**(2008)3, 305-321, IF=0,261 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania stali, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego)*)
 31. **A. Nowotnik**: Effect of high temperature deformation on the structure of Ni based superalloy. *J. of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, **27**(2008)2, 115-122 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania nadstopu niklu, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego i TEM)*)
 32. **A. Nowotnik**: Mechanical and structural aspects of high temperature deformation in Ni alloy. *J. of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, **26**(2008)2, 143-146 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania nadstopu niklu, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego)*)
 33. J. Rońda, **A. Nowotnik**: Potential collaboration with the aviation valley in south-eastern Poland, Proc. 2nd South African International Aerospace Symposium (SAIAS2008) at Spier Estate, Cape Town 2008 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem i zredagowałem tekst)*)
 34. **A. Nowotnik**: The influence of hot-deformation parameters on the mechanical properties and precipitation process in nickel based superalloy. Proc. Edited by Roger C. Reed, Kenneth A. Green, Pierre Caron, Timothy P. Gabb "11th International Symposium SUPERALLOYS 2008", Champion USA 2008, 709-718 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania nadstopu niklu, opracowałem wyniki badań, wyznaczyłem energię aktywacji nadstopu niklu przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego i TEM)*)
 35. **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, G. Mrówka-Nowotnik: Identification of dynamically precipitated phases in hot-working Inconel 718 alloy. *J. Achievements in Materials and*

- Manufacturing Engineering*, **31**(2008)2, 275-280 (Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania nadstopu Inconel 718, opracowałem wyniki badań, wyznaczyłem energię aktywacji nadstopu niklu przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego i TEM)
36. **A. Nowotnik**, T. Siwecki: The effect of TMCP parameters on the microstructure and mechanical properties of Ti–Nb microalloyed steel. *J. of Microscopy*, **237**(2010)3, 258–262, IF=2,331 (Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania stali, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego i TEM)
37. **A. Nowotnik**: Flow stress value and activation energy of hot deformed Inconel superalloys. *Advances in Manufacturing Science and Technology*, **32**(2008)4, 51-62 (Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania nadstopów niklu, opracowałem wyniki badań, wyznaczyłem energię aktywacji nadstopu niklu przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego i TEM)
38. **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, G. Mrówka-Nowotnik, **A. Onyszko**: Influence of strain rate and deformation temperature on the microstructure of Inconel X750 superalloy. *Inżynieria Materiałowa*, **175**(2010)3, 594-597 (Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 65% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania nadstopu Inconel X750, opracowałem wyniki badań, wyznaczyłem energię aktywacji nadstopu niklu, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego i TEM)
39. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: Effect of heat treatment on tensile and fracture toughness properties of 6082 alloy. *J. Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, **32**(2009)2, 162-170 (Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20% - wykonałem próby umożliwiające wyznaczenie współczynnika intensywności naprężeń K_{Ic} , opracowałem wyniki badań)
40. **A. Onyszko**, W. Bogdanowicz, **A. Nowotnik**, K. Kubiak, J. Sieniawski: Crystallographic orientation of aircraft engines turbine blades made of CMSX-4 single crystal nickel superalloy. *Inżynieria Materiałowa*, **175**(2010)3, 629-632 (Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20% - wykonałem badania dyfraktometryczne, opracowałem wyniki badań, redagowałem tekst)

41. J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: Study of deformation behavior of hot compressed superalloy Inconel X750. Proc. Int. Conf. "Maszynostroenie i technosfera XXI wieku", Donieck-Sewastopol 2010, 305-308 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 80% - opracowałem koncepcję badań, wykonałem próby odkształcania nadstopu Inconel X750, opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego, redagowałem tekst*)
42. K. Kubiak, A. Onyszko, J. Sieniawski, W. Bogdanowicz, **A. Nowotnik**: Influence of manufacture conditions on the properties of CMSX-4 single crystal castings. *Inżynieria Materiałowa*, **175**(2010)3, 622-624 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20% - wykonałem badania mikroskopowe, opracowałem wyniki badań, redagowałem tekst*)
43. **A. Nowotnik**, R. Filip, J. Sieniawski: Laser surface alloying of titanium alloy with boron nitrides, Proc. 25th Annual ITA Conference and Exhibition "Titanium 2009", Waikoloa, Hawaii 2009 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 50% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego, redagowałem tekst*)
44. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: The chemical phenol extraction of intermetallic particles from casting AlSi5Cu1Mg alloy. *Journal of Microscopy*, **3**(2010), 407-410, IF=2,331 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20% - przygotowywałem izolaty faz do badań, opracowałem wyniki badań*)
45. **A. Nowotnik**: Effects of thermomechanical working on microstructure and mechanical properties of hot pressed superalloy Inconel 718. *Superalloy 718 and Derivatives* edited by JOHN WILEY & SONS INC 2010, 383-398 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100% - opracowałem koncepcję badań, opracowałem wyniki badań uzyskanych po ścisaniu stopu Inconel 718 na maszynie Gleeble, przeprowadziłem analizę wyników badań, wykonałem badania mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego, redagowałem tekst*)
46. Monografia: J. Sieniawski, K. Kubiak, **A. Nowotnik**: Ni-based superalloys for the elements in high-performance aircraft engines. Polish Metallurgy 2006-2010 – In time of the worldwide economic crisis, Wydawnictwo Komitetu Polskiej Akademii Nauk, (2010), 285-309 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70%. Opracowałem koncepcję i metodykę badań. Przeprowadziłem procesy obróbki cieplnej i ocenę doskonałości struktury krystalicznej wytworzonych łopatek monokrystalicznych. Opracowałem wyniki badań, zredagowałem tekst*)

47. M. Danielewski, B. Wierzba, M. Góral, **A. Nowotnik**, W. Skibiński: Bi-velocity model for diffusion coatings formation; interface barriers and phase competition. Proc. Inter. Conf. "220th ECS Meeting & Electrochemical Energy Summit", Boston 2011 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem koncepcję i metodykę badań. Opracowałem wyniki badań, zredagowałem tekst*)
48. **A. Nowotnik**, M. Góral, R. Filip, J. Sieniawski: Technologia i mikrostruktura powłokowej bariery cieplnej uzyskanej metodami natryskiwania plazmowego i aluminiowania na stopie Re 80. *Inżynieria Materiałowa*, 4(2011), 645-647 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 40%. Opracowałem koncepcję i metodykę badań. Opracowałem wyniki badań, przeprowadziłem badania mikroskopowe, zredagowałem tekst*)
49. J. Sieniawski, K. Kubiak, R. Filip, M. Góral, **A. Nowotnik**: Nowoczesne technologie wytwarzania powłokowych barier cieplnych w Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego. *Inżynieria Materiałowa*, 4(2011), 734-737 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Przygotowałem i zredagowałem tekst*)
50. B. Wierzba, **A. Nowotnik**, M. Danielewski: The bi-velocity model for diffusion coatings formation: the phase field method. Proc. Inter. Conf. CAN'2012: eleventh AES-ATEMA international conference on Advances and trends in engineering materials and their applications, Toronto 2012 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem parametry procesu chemicznego osadzania z fazy gazowej stanowiącego podstawę przyjęcia modelu i wykonania symulacji numerycznej procesu aluminiowania. Prowadziłem badania mikroskopowe materiału warstwy dyfuzyjnej z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego*)
51. **A. Nowotnik**: High temperature deformation of superalloy Inconel 718. *Solid State Phenomena*, 186(2012), 147-150 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100%. Opracowałem koncepcję badań, wykonałem badania i opracowałem wyniki. Opracowałem i zredagowałem tekst*)
52. K. Tkacz-Śmiech, B. Wierzba, **A. Nowotnik**, M. Danielewski: Modelowanie i symulacje obróbki cieplno-chemicznej superstopów na bazie niklu. *Inżynieria Materiałowa*, 6(2012), 613-617 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem parametry procesu chemicznego osadzania z fazy gazowej stanowiącego podstawę wykonania symulacji numerycznej procesu obróbki cieplnej nadstopów niklu. Prowadziłem badania mikroskopowe*)

53. **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, M. Góral, M. Pytel, K. Dychtoń: Microstructure and kinetic growth of aluminide coatings deposited by the CVD method on Re 80 superalloy *Archives of Materials Science and Enigneering*, **51**(2012)1, 22-28 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem koncepcję badań, wykonałem badania mikroskopowe warstwy CVD*)
54. M. Góral, M. Pytel, K. Dychtoń, **A. Nowotnik**: Kinetics Growth and Oxidation Resistance of Aluminide Coatings Deposited by the CVD Method on Re 80 Superalloy. *J. Minerals and Materials Characterization and Engineering*, **11**(2012), 853-857 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem koncepcję badań, wykonałem badania mikroskopowe warstwy CVD*)
55. M. Pytel, M. Góral, **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, M. Drajewicz, W. Ziaja: Heat treatment and CVD aluminizing of Ni-base René 80 superalloy. *J. Achievements in Materials and manufacturing Engineering*, **51**(2012), 30-38 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Wykonałem badania mikroskopowe warstwy CVD na nadstopie CVD*)
56. **A. Nowotnik**, P. Pędrak, J. Sieniawski, M. Góral: Mechanical properties of hot deformed Inconel 718 and X750. *J. Achievements in Materials and manufacturing Engineering*, **50**(2012), 74-80 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70%. Opracowałem koncepcję badań, wykonałem badania i opracowałem wyniki badań. Opracowałem i zredagowałem tekst*)
57. M. Danielewski, B. Wierzba, K. Tkacz-Śmiech, **A. Nowotnik**, B. Bożek, J.Sieniawski: Bi-velocity model of mass transport in two-phase zone of ternary system. *Philosophical Magazine*, **93**(2013)16, 2044-2056, IF=1,825 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 15%. Opracowałem parametry procesu CVD, opracowałem metodykę badań warstw dyfuzyjnych, wykonałem badania mikroskopowe*)
58. M. Danielewski, B. Wierzba, K. Tkacz-Śmiech, **A. Nowotnik**: Bi-velocity phase field method; reactive diffusion in Ni–Cr–Al. *Computational Materials Science*, **69**(2013), 1–6, IF=2,131 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem parametry procesu CVD, przeprowadziłem próby CVD, opracowałem metodykę badań warstw dyfuzyjnych, wykonałem badania mikroskopowe*)
59. **A. Nowotnik**, M. Góral, M. Pytel, K. Dychtoń: Influence of coatings deposition parameters on microstructure of aluminide coatings deposited by CVD method on Ni-superalloys. *Solid State Phenomena*, **197**(2013), 95-100 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 40%. Opracowałem koncepcję badań. Opracowałem parametry*

- procesu CVD, przeprowadziłem próby CVD, opracowałem wyniki badań, wykonałem badania mikroskopowe)*
60. B. Wierzba, M. Danielewski, **A. Nowotnik**, J. Sieniawski: Bi-velocity Phase Field Method. *Defect and Diffusion Forum*, **333**(2013), 83-89 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem parametry procesu CVD, przeprowadziłem próby CVD, opracowałem metodykę badań warstw dyfuzyjnych, wykonałem badania mikroskopowe)*)
 61. M. Góral, **A. Nowotnik**, J. Sieniawski: The CVD Aluminizing of TiAl Intermetallics. *Solid State Phenomena*, **203-204**(2013), 327-330 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem parametry procesu CVD, przeprowadziłem próby CVD, opracowałem metodykę badań warstw dyfuzyjnych, wykonałem badania mikroskopowe)*)
 62. R. Filip, **A. Nowotnik**, M. Góral: Zirconia Modified Aluminide Coatings Deposited by VPA and CVD Methods. *Solid State Phenomena*, **203-204**(2013), 220-223 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem parametry procesu CVD i VPA, przeprowadziłem próby CVD, wykonałem badania mikroskopowe warstw dyfuzyjnych)*)
 63. W. Bogdanowicz, **A. Onyszko**, J. Rak, R. Albrecht, G. Dercz, A. Hanc, **A. Nowotnik**, D. Stróż, J. Lelątko: Characterization of As-cast Single-Crystal CMSX-4 Superalloy Turbine Blades. *Solid State Phenomena*, **203-204**(2013), 173-176 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 10%. Wykonałem badania dyfraktometryczne, opracowałem wyniki badań)*)
 64. E. Rzyankina, D. Szeliga, N. Mahomed, **A. Nowotnik**: Investigation of the effect of Solidification Velocity on the quality of Single Crystal Turbine Blades. *Applied Mechanics and Materials*, **372**(2013), 54-60 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem koncepcję badań. Wykonałem badania dyfraktometryczne, opracowałem wyniki badań, redagowałem tekst)*)
 65. S. Kotowski, M. Góral, **A. Nowotnik**, J. Sieniawski: Metody komputerowe w inżynierii powłok ochronnych. Część I. Modelowanie procesu natryskiwania plazmowego. Przegląd literatury. *Inżynieria Materiałowa*, **34**(2013), 85-96 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem koncepcję artykułu, redagowałem tekst)*)
 66. S. Kotowski, M. Góral, **A. Nowotnik**, J. Sieniawski: Metody komputerowe w inżynierii powłok ochronnych. Część II. Symulacja procesu natryskiwania plazmowego. Przegląd literatury. *Inżynieria Materiałowa*, **34**(2013), 97-110 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem koncepcję artykułu, redagowałem tekst)*)

67. **A. Nowotnik**, P. Rokicki, P. Pędrak, S. Kotowski, J. Sieniawski, G. Mrówka-Nowotnik: Mechanical aspects of plastic deformation of nickelbased superalloy. *Key Engineering Materials*, **592-593**(2014), 724-727 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 60%. Opracowałem koncepcję badań. Wykonałem próby odkształcania badanych nadstopów, opracowałem wyniki badań. Wykonałem badania mikroskopowe i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
68. M. Pytel, **A. Nowotnik**, D. Szeliga, J. Sieniawski: Microstructural investigations of nickel-based superalloys with different structure. *Key Engineering Materials*, **592, 593**(2014), 557-560 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 40%. Opracowałem koncepcję badań. Wykonałem badania mikroskopowe i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
69. **A. Nowotnik**, M. Zawadzki, J. Sieniawski, M. Góral: The effect of long-term annealing on microstructure of aluminide coatings deposited on MAR M200 superalloy by CVD method. *Key Engineering Materials*, **592-593**(2014), 477-480 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem koncepcję badań. Wykonałem badania mikroskopowe i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
70. R. Filip, M. Góral, M. Zawadzki, **A. Nowotnik**, M. Pytel: The influence of long-term heat treatment on microstructure of Zr-modified aluminide coating deposited by CVD method on MAR M200+Hf nickel superalloy. *Key Engineering Materials*, **592-593**(2014), 469-472 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Wykonałem badania mikroskopowe i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
71. M. Goral, S. Kotowski, **A. Nowotnik**, M. Pytel, M. Drajewicz, J. Sieniawski: PS-PVD deposition of thermal barrier coatings. *Surface & Coatings Technology*, **237**(2013), 51–55, IF=1,998 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem koncepcję badań. Wykonałem badania mikroskopowe i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
72. B. Wierzbą, K. Tkacz-Śmiech, **A. Nowotnik**: Reactive Mass Transport during Aluminization of Rene-80. *Chemical Vapor Deposition*, **19**(2013)7-9, 267–273, IF=1,703 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem parametry procesu chemicznego osadzania z fazy gazowej stanowiącego podstawę przyjęcia modelu i wykonania symulacji numerycznej procesu aluminiowania. Prowadziłem badania mikroskopowe materiału warstwy dyfuzyjnej z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego*)

73. **A. Nowotnik**, K. Kubiak, J. Sieniawski, P. Rokicki, G. Mrówka-Nowotnik: Development of nickel based superalloys for advanced turbine engines. *Materials Science Forum*, 783-786(2014), 2491-2496 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70%. Opracowałem koncepcję badań. Wykonałem obróbkę cieplną i cieplno-plastyczną nadstopów niklu. Wykonałem badania mikroskopowe i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
74. B. Wierzba, K. Tkacz-Śmiech, **A. Nowotnik**, K. Dychtoń: Aluminizing of nickel alloys by CVD. The effect of HCl flow. *Chemical Vapor Deposition*, 20(2014), 80-90 IF=1,703 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem parametry procesu chemicznego osadzania z fazy gazowej. Prowadziłem badania mikroskopowe materiału warstwy dyfuzyjnej z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego*)
75. **A. Nowotnik**, P. Pędrak, P. Rokicki, G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski: Stress-strain curves under compression for CMSX4 nickel based superalloy. *Advances in Manufacturing Science and Technology*, 38(2014), 65-76 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 60%. Opracowałem koncepcję badań. Wykonałem obróbkę cieplną i cieplno-plastyczną nadstopów niklu. Wykonałem badania mikroskopowe i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
76. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, M. Wierzbńska, **A. Nowotnik**: Microstructure and mechanical properties of silicon-free Al-Cu-Ni casting alloys used in heavy duty aircraft engine parts, *Advances in Manufacturing Science and Technology*, 38(2014), 77-93 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Wykonałem obróbkę cieplną stopów aluminium. Wykonałem badania mikroskopowe i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
77. P. Rokicki, K. Dychtoń, **A. Nowotnik**, M. Góral, M. Drajewicz, J. Sieniawski, M. Zagula-Yavorska: Heat treatment process effect on carburized layer of aircraft engine heavily-loaded steel components. Proc. Conf. Shechtman International Symposium 2014 "Sustainable Industrial Processing Summit & Exhibition", Cancun 2014 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Wykonałem badania mikroskopowe warstwy nawęglonej w elementach kół zębatych i przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
78. P. Rokicki, K. Dychtoń, M. Góral, **A. Nowotnik**, M. Drajewicz, J. Sieniawski: Al-N surface layer modification of aircraft engine compressor blades. Proc. Conf. Shechtman International Symposium 2014 "Sustainable Industrial Processing Summit & Exhibition",

- Cancun 2014 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
79. P. Rokicki, G. Budzik, K. Kubiak, J. Bernaczek, T. Dziubek, M. Magniszewski, **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, H. Matysiak, R. Cygan, A. Trojan: Rapid prototyping in manufacturing of core models of aircraft engine blades. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, **86-4**(2014), 323-327, IF=0,479 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 15%. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
80. P. Rokicki, K. Dychtoń, **A. Nowotnik**, M. Drajewicz, J. Sieniawski, D. Kurkowski, M. Wierzińska, G. Jakubowicz: Determination of heat treatment parameters for heavily-loaded aircraft engine components. Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa. *Journal of Cones*, **20**(2013), 349-354 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 15%. Opracowałem parametry obróbki cieplnej elementów z nadstopu niklu. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
81. G. Budzik, K. Kubiak, P. Rokicki, T. Dziubek, **A. Nowotnik**, R. Cygan, M. Tutak, P. Boś, H. Matysiak: Optical measurement of aircraft engine turbine blades. Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa. *Journal of Cones*, **20**(2013), 21-26 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 15%. Opracowałem metodykę pomiarów optycznych. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
82. **A. Nowotnik**, M. du Plessis, S. Kotowski, G. Mrówka-Nowotnik, R. Filip, J. Sieniawski: Selected Aspects of Substrate Preparation for Duplex Structure CVD-NiAl/EB-YSZ TBC Coatings, Proc. International Conference on High-Power Electron Beam Technology "ebeam 2014", Reno USA 26 - 28.10.2014 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem koncepcję badań. Opracowałem metodykę badań powłoki TBC. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
83. P. Pędrak, **A. Nowotnik**, M. Góral, K. Kubiak, M. Drajewicz, J. Sieniawski: The technology of TBC deposition by EB-PVD method. *Solid State Phenomena* **227**(2015), 377-380 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem koncepcję badań. Opracowałem metodykę badań powłoki TBC. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
84. K. Dychtoń, P. Rokicki, **A. Nowotnik**, M. Drajewicz, J. Sieniawski: Process temperature effect on surface layer of vacuum carburized low alloy steel gears. *Solid State Phenomena* **227**(2015), 425-428 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem koncepcję badań. Opracowałem parametry procesu nawęglania stali.*)

- Opracowałem metodykę badań warstwy nawęglonej w stali. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst)*
85. **A. Nowotnik**, P. Rokicki, G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski: Dynamic precipitation of nickel-based superalloys undergoing severe deformation below the solvus temperature. *International Journal of Materials Research*, **106**(2015)7, 665-675, IF=0,639 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 70%. Opracowałem koncepcję badań. Opracowałem parametry procesu odkształcania nadstopów niklu. Przeprowadziłem badania mikroskopowe. Opracowałem wyniki badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst)*
86. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, S. Kotowski, **A. Nowotnik**, M. Motyka: Hot Deformation Of 6xxx Series Aluminium Alloys. *Archives of Metallurgy and Materials*, **60**(2015), 1079-1084, IF=1,09 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Wykonałem próby ściskania stopów aluminium grupy 6xxx. Opracowałem wyniki badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst)*
87. J. Nawrocki, P. Rokicki, D. Szeliga, **A. Nowotnik**, M. Drajewicz, G. Budzik, J. Sieniawski: Zastosowanie szybkiego prototypowania w procesie wytwarzania łopatek silników turbinowych. *Mechanik*, **12**(2015), 143-146 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem wyniki badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst)*
88. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, M. Wierzbińska, **A. Nowotnik**: Procesy wydzielania cząstek faz umacniających z przesyconych stopów AlMgSi. *Inżynieria Materiałowa*, **6**(2015)208, 376-381 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Wykonałem badania mikroskopowe. Opracowałem wyniki badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst)*
89. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, M. Wierzbińska, **A. Nowotnik**: Wpływ długotrwałego wyżarzania ujednorodniającego na mikrostrukturę i właściwości stopu aluminium 6066. *Inżynieria Materiałowa*, **6**(2015)208, 381-391 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Wykonałem badania mikroskopowe. Opracowałem wyniki badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst)*
90. M. Góral, M. Pytel, R. Filip, **A. Nowotnik**: The microstructure of hafnium modified aluminate coatings deposited by CVD method. *Materials Science Forum*, **844**(2015), 172-176 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 25%. Wykonałem badania mikroskopowe. Opracowałem wyniki badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst)*

91. R. Filip, M. Pytel, **A. Nowotnik**: The influence of surface preparation method on microstructure of Hf modified aluminide coatings deposited by CVD method on Rene 80 and MAR M247 nickel superalloys. *Materials Science Forum*, **844**(2016), 177-180 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 25%. Opracowałem parametry procesu CVD. Wykonałem badania mikroskopowe. Opracowałem wyniki badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
92. P. Pędrak, M. Góral, K. Dychtoń, T. Kubaszek, **A. Nowotnik**, K. Kubiak: The influence of Ar/N₂ plasma gases on microstructure of ceramic coatings produced by PS-PVD method. *Materials Science Forum*, **844**(2015), 187-192 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 15%. Opracowałem parametry procesu PS-PVD. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
93. P. Rokicki, K. Dychtoń, M. Drajewicz, K. Raga, **A. Nowotnik**, K. Kubiak: Thermal analysis of low alloyed steel for heavily loaded aircraft engine transmission Gears. *Advances in Manufacturing Science and Technology*, **39**(2015)4, 43-50 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 15%. Opracowałem parametry procesu nawęglania kół zębatych w warunkach niskiego ciśnienia. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
94. P. Pędrak, **A. Nowotnik**, K. Kubiak, M. Drajewicz, M. Pytel, M. Góral, J. Sieniawski: Kształtowanie mikrostruktury i składu fazowego warstwy ZrO₂+Y₂O₃ wytworzonej metodą EB-PVD na monokrystalicznych łopatkach z nadstopu CMSX-4. *Prace XLII Szkoły Inżynierii Materiałowej* (2014), 154-154 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem parametry procesu EB-PVD. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
95. W. Habrat, M. Motyka, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: Machinability of Micro- and Nanocrystalline Titanium in Milling Process, *Proc. of the 13th World Conference on Titanium*, San Diego 2015, 1001-1005 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Wykonałem badania mikroskopowe powierzchni stopu tytanu po obróbce mechanicznej. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
96. P. Kocurek, P. Rokicki, R. Cygan, J. Nawrocki, **A. Nowotnik**, J. Sieniawski: Vane segment casting geometry impact on the stress in the airfoil surface layer. *Proc. Inter. Conf. "6th International Conference on Mechanics and Materials in Design"*, Ponta Delgada (2015), 263-266 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem koncepcję badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)

97. **A. Nowotnik**, P. Rokicki, G. Jakubowicz, D. Kurkowski, G. Mrówka-Nowotnik, M. Wierzińska, J. Sieniawski, J. Nawrocki: Heat treatment effect on microstructure and properties of single crystal CMSX-4 nickel-based superalloy. *Proc. Inter. Conf. "6th International Conference on Mechanics and Materials in Design"*, Ponta Delgada (2015), 267-272 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem koncepcję badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, redagowałem tekst*)
98. **A. Nowotnik**: Nickel-Based Superalloys. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, (2016)4, IF=2,647 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 100%. Przygotowałem, opracowałem i zredagowałem tekst*)
99. P. Pędrak, M. Góral, K. Dychtoń, T. Kubaszek, **A. Nowotnik**, K. Kubiak: The influence of Ar/N₂ plasma gases on microstructure of ceramic coatings produced by PS-PVD method. *Materials Science Forum*, 844(2016), 187-192 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem koncepcję badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, zredagowałem tekst*)
100. M. Góral, M. Pytel, R. Filip, **A. Nowotnik**: The microstructure of hafnium modified aluminide coatings deposited by CVD method. *Materials Science Forum*, 844(2016), 172-176 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 20%. Opracowałem parametry procesu CVD. Przeprowadziłem analizę wyników badań mikroskopowych, zredagowałem tekst*)
101. R. Filip, M. Pytel, **A. Nowotnik**: The influence of surface preparation method on microstructure of HF-modified aluminide coatings deposited by CVD method on Rene 80 and MAR M247 nickel superalloys. *Materials Science Forum*, 844(2016), 177-180 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 25%. Opracowałem parametry procesu CVD. Przeprowadziłem analizę wyników badań mikroskopowych, zredagowałem tekst*)
102. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**, A. Gradzik: Analysis of precipitation strengthening process in 2xxx aluminium alloys. *Inżynieria Materiałowa*, 3(2016)211, 78-82 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 25%. Opracowałem parametry procesu obróbki cieplnej stopu 2xxx. Przeprowadziłem analizę wyników badań mikroskopowych, zredagowałem tekst*)
103. P. Pędrak, M. Drązewicz, K. Dychtoń, **A. Nowotnik**: Microstructure and thermal characteristics of SiC–Al₂O₃–Ni composite for high-temperature application. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 125(2016), 1353-1356, IF=1,781 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 25%. Opracowałem koncepcję badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań kalorymetrycznych, zredagowałem tekst*)

104. M. Pytel, M. Góral, **A. Nowotnik**: The porosity assessment of ceramic topcoat in thermal barrier coatings deposited by APS method. *Advances in Manufacturing Science and Technology*, 40(2016)2, 53-65 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 30%. Opracowałem koncepcję badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań porowatości powłokowej bariery cieplnej osadzonej na nadstopie niklu metodą APS, zredagowałem tekst*)
105. K. Dychtoń, M. Drajewicz, M. Pytel, P. Rokicki, **A. Nowotnik**: Yttria-stabilized zirconia alumina composite sintering temperature effect on thermal diffusivity *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 126(2016), 1-7 IF=1,781 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 25%. Opracowałem koncepcję badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań kalorymetrycznych, zredagowałem tekst*)
106. P. Rokicki, G. Budzik, K. Kubiak, T. Dziubek, M. Zaborniak, B. Kozik, J. Bernaczek, L. Przeszlowski, **A. Nowotnik**: The assessment of geometric accuracy of aircraft engine blades with the use of an optical coordinate scanner. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 88-3(2016), 374-381 (*Mój wkład w powstanie tej publikacji wynosi 10%. Opracowałem koncepcję badań. Przeprowadziłem analizę wyników badań, zredagowałem tekst*)

2.3 Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science

1. **A. Nowotnik**, M. Zawadzki, J. Sieniawski, M. Góral: The effect of long-term annealing on microstructure of aluminide coatings deposited on MAR M200 superalloy by CVD method. *Key Engineering Materials*, 592-593(2014), 477-480 (*liczba cytowań – 1*)
2. M. Góral, S. Kotowski, **A. Nowotnik**, M. Pytel, M. Drajewicz, J. Sieniawski: PS-PVD deposition of thermal barrier coatings. *Surface & Coatings Technology*, 237(2013), 51–55 (*liczba cytowań – 9*)
3. B. Wierzba, K. Tkacz-Śmiech, **A. Nowotnik**: Reactive Mass Transport during Aluminization of Rene-80. *Chemical Vapor Deposition*, 19(2013)7-9, 267–273 (*liczba cytowań – 2*)
4. M. Danielewski, B. Wierzba, K. Tkacz-Śmiech, **A. Nowotnik**, B. Bożek, J. Sieniawski: Bi-velocity model of mass transport in two-phase zone of ternary system. *Philosophical Magazine*, 93(2013)16, 2044-2056 (*liczba cytowań – 3*)

5. M. Danielewski, B. Wierzba, K. Tkacz-Śmiech, **A. Nowotnik**: Bi-velocity phase field method; reactive diffusion in Ni–Cr–Al. *Computational Materials Science*, 69(2013), 1–6 (*liczba cytowań – 5*)
6. E. Rzyankina, D. Szeliga, N. Mahomed, **A. Nowotnik**: Investigation of the effect of Solidification Velocity on the quality of Single Crystal Turbine Blades. *Applied Mechanics and Materials*, 372(2013), 54-6 (*liczba cytowań – 4*)
7. **A. Nowotnik**, M. Góral, M. Pytel, K. Dychtoń: Influence of coatings deposition parameters on microstructure of aluminide coatings deposited by CVD method on Ni-superalloys. *Solid State Phenomena*, 197(2013), 95-100 (*liczba cytowań – 1*)
8. **A. Nowotnik**: High temperature deformation of superalloy Inconel 718. *Solid State Phenomena*, 186(2012), 147-150 (*liczba cytowań – 1*)
9. **A. Nowotnik**, T. Siwecki: The effect of TMCP parameters on the microstructure and mechanical properties of Ti–Nb microalloyed steel. *J. of Microscopy*, 237(2010)3, 258–262 (*liczba cytowań – 3*)
10. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: The chemical phenol extraction of intermetallic particles from casting AlSi5Cu1Mg alloy. *Journal of Microscopy*, 3(2010), 407-410 (*liczba cytowań – 1*)
11. B. Sartowska, J. Piekoszewski, L. Walis, J. Senatorski, J. Stanislawski, L. Nowicki, R. Ratajczak, M. Kopcewicz, W. Szymczyk, **A. Nowotnik**: Phase composition and properties of unalloyed steels surfaces modified by intense plasma pulses with various reactive gas fluencies. *Plasma Processes & Polymers*, 4(2007), 314-318 (*liczba cytowań – 2*)
12. G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, **A. Nowotnik**: Intermetallic phase identification on the cast and heat treated 6082 aluminium alloy. *Archives of Metallurgy and Materials*, 51(2006), 599-603 (*liczba cytowań – 2*)
13. **A. Nowotnik**, L. Błaż, J. Sieniawski: Interaction of phase transformation and deformation process during hot deformation of 0.16%C steel. *Defect and Diffusion Forum*, 237-240(2005), 1240-1245 (*liczba cytowań – 5*)
14. L. Błaż, **A. Nowotnik**: High temperature deformation of aluminium bronze. *Materials Science and Technology*, 17(2001), 971-975 (*liczba cytowań – 2*)
15. P. Rokicki, G. Budzik, K. Kubiak, J. Bernaczek, T. Dziubek, M. Magniszewski, **A. Nowotnik**, J. Sieniawski, H. Matysiak, R. Cygan, A. Trojan: Rapid prototyping in manufacturing of core models of aircraft engine blades. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 86-4(2014), 323-327 (*liczba cytowań – 3*)

16. **A. Nowotnik**, P. Rokicki, G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski: Dynamic precipitation of nickel-based superalloys undergoing severe deformation below the solvus temperature. *International Journal of Materials Research*, **106**(2015)7, 665-675 (*liczba cytowań – 1*)
17. M. Pytel, **A. Nowotnik**, D. Szeliga, J. Sieniawski: Microstructural investigations of nickel-based superalloys with different structure. *Key Engineering Materials*, 592, 593(2014), 557-560 (*citation – 1*)

2.4. Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism:

Sekretarz naukowy kwartalnika „Advances in Manufacturing Science and Technology” wydawanego przez Komitet Budowy Maszyn PAN; Politechnika Rzeszowska

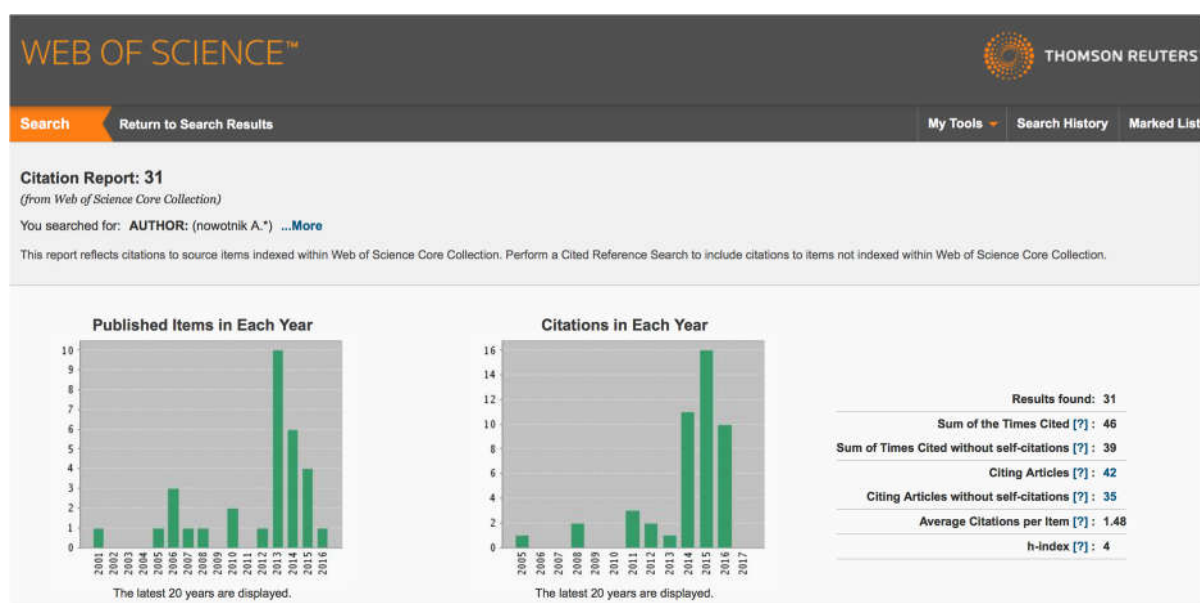
2.5. Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych:

TMS (The Minerals, Metals and Materials Society), członek od 2014 r.

2.6. Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna pomocniczego:

Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim mgr. inż. Krzysztofa Ragi. Temat pracy: „Wpływ warunków procesu nawęglania próżniowego i wysokociśnieniowego hartowania gazowego na właściwości warstwy nawęglanej i podłoża stali AISI 9310 oraz PYROWEAR 53 kół zębatach przekładni lotniczych”

2.7. Indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science: 4



UDZIAŁ W PROJEKTACH BADAWCZYCH I EKSPERTYZACH

1. Projekty badawcze NCN, MNiSW i NCBiR

1. Projekt badawczy zamawiany nr 8/PBZ-3/3/II3-5.6, MNiSW – „Nowoczesne technologie oraz zaawansowane materiały i wyroby w zrównoważonym rozwoju przemysłu metali nieżelaznych” zadanie w ramach projektu: „Kształtowanie składu fazowego, mikrostruktury i właściwości mechanicznych bezkrzemowych stopów odlewniczych Al-Cu-Ni przeznaczonych na silnie obciążone elementy silników lotniczych” – wykonawca
2. Projekt badawczy Nr 3T08A 048 30 – „Zmiany degradacyjne mikrostruktury stopów aluminium stosowanych na elementy silników lotniczych w warunkach długotrwanie działających obciążeń cieplnych” – wykonawca
3. Projekt badawczy Nr 4 T08B 032 22 – „Charakterystyka faz α -Al(Fe_x)Si o strukturze regularnej w wieloskładnikowych stopach aluminium” – wykonawca
4. Projekt zamawiany nr PBZ-MNiSW-03/I/2007 MNiSW / NCBiR: „Opracowanie technologii wytwarzania elementów konstrukcyjnych części gorącej silników lotniczych metodą krystalizacji kierunkowej”, realizowany w ramach powołanego konsorcjum – wykonawca
5. Projekt zamawiany nr PBZ-MNiSW-01/I/2007, MNiSW / NCBiR: „Technologia modyfikacji warstwy wierzchniej zawansowanych materiałów konstrukcyjnych” realizowany w ramach powołanego konsorcjum – wykonawca
6. Projekt badawczy rozwojowy nr NR15-0121-10/2011, NCBiR: „Opracowanie warunków procesu wytwarzania warstw żaroodpornych na łopatkach turbiny z nadstopu niklu z zastosowaniem fenomenologicznych modeli dyfuzji i termodynamiki procesów nieodwracalnych” – kierownik projektu
7. Projekt badawczy rozwojowy, nr 13328, NCBiR – „Opracowanie i wdrożenie procedur określonych wymogami akredytacyjnymi uznawanymi przez światowy przemysł lotniczy w Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego w ramach Inicjatywy Technologicznej” – wykonawca

8. Projekt badawczy własny, N507 115 31/2788, MNiSW – „Charakterystyka procesu wydzielania faz umacniających podczas odkształcania na gorąco i ich wpływ na stabilność mikrostruktury i właściwości nadstopów niklu” – kierownik projektu
9. Projekt celowy nr 6 ZR 9 2007 C/06942, MNiSW/NCBiR WSK "PZL-Rzeszów" S.A. "Opracowanie i wdrożenie technologii obróbki skrawaniem korpusów z dwufazowych stopów tytanu stosowanych w konstrukcjach lotniczych" – kierownik zadań realizowanych w Politechnice Rzeszowskiej
10. Projekt badawczy własny N N507 300 640, NCN: „Kształtowanie mikrostruktury nadstopów niklu grupy Inconel i monokrystalicznych w procesie odkształcania i obróbki cieplnej” – kierownik projektu
11. Projekt badawczy własny N507 247940, NCN: „Odporność na uszkodzenia jako kryterium doboru parametrów obróbki cieplnej stopów aluminium grupy 2xxx dla nowej generacji konstrukcji lotniczych” – wykonawca
12. Projekt badawczy własny N N507 32 66 36, MNiSW: „Badanie wpływu warunków procesu krystalizacji na strukturę i jakość monokrystalicznych wieloskładnikowych nadstopów niklu” – wykonawca
13. Projekt celowy WSK "PZL-Rzeszów" S.A. „Opracowanie technologii i uruchomienie liniowej produkcji cienkościennych odlewów elementów układu chłodzenia silników wysokoprężnych nowej generacji ze stopu aluminium AlSi11” – kierownik zadań realizowanych w Politechnice Rzeszowskiej
14. Projekt celowy WSK "PZL-Rzeszów" S.A. „Opracowanie technologii i uruchomienie produkcji precyzyjnych silnie obciążonych kół zębatych przekładni lotniczych odpowiedzialnych za bezpieczeństwo lotu” – główny wykonawca
15. Projekt celowy WSK "PZL-Rzeszów" S.A. „Opracowanie i wdrożenie systemu wspomaganie projektowania narzędzi i procesu tłoczenia elementów z blach wysokostopowych w produkcji części lotniczych wspomaganego technologią komputerową” – główny wykonawca
16. Projekt celowy nr 6 ZR 7 2009 C/07211, MNiSW/NCBiR – Zakład Metalurgiczny "WSK Rzeszów" Sp. z o.o.: „Opracowanie i wdrożenie technologii obróbki mechanicznej ubytkowej typoszeregu odlewów, ze stopów AlSi7Mg0,3ST6 i AlSi10Mg0,3ST6, elementów stosowanych w budowie wysokonapięciowych przesyłowych urządzeń” – główny wykonawca
17. Projekt celowy WSK "PZL-Rzeszów" S.A. „Opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania odlewów kokilowych i kokilowo-rdzeniowych ze stopu AlSiMg,

- przeznaczonych na elementy silników samochodowych nowej generacji” – kierownik zadań realizowanych w Politechnice Rzeszowskiej
18. Projekt INNOTECH nr ZPB/33/63903/IT2/10, NCBiR - "Opracowanie i wdrożenie komputerowego systemu wspomagania procesów spawania w konstrukcjach lotniczych" – kierownik zadań realizowanych w Politechnice Rzeszowskiej
 19. Projekt INNOTECH-K1/IN1/3/156571/NCBR/12 - „Opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania mikserów spalin (tłumików hałasu) turbinowych silników lotniczych” - kierownik zadań realizowanych w Politechnice Rzeszowskiej
 20. Projekt realizowany w ramach PROGRAMU BADAŃ STOSOWANYCH w ścieżce A nr PBS2/A5/41/2014 – „Opracowanie technologii i wspomaganie komputerowego hartowania indukcyjnego konturowego elementów stalowych o złożonych kształtach” – wykonawca
 21. Projekt INNOTECH nr K2/IN2/37/182279/NCBR/13, NCBiR – „Opracowanie i wdrożenie technologii zrobotyzowanego spawania złączy teowych elementów silnika lotniczego wraz z systemem monitorowania parametrów procesu” – kierownik zadań realizowanych w Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego
 22. Projekt realizowany w ramach PROGRAMU BADAŃ STOSOWANYCH w ścieżce A nr PBS1/A5/5/2012/ – „Wysokotemperaturowe nawęglanie próżniowe i wysokociśnieniowe hartowanie silnie obciążonych elementów ze stali niskostopowych” – główny wykonawca
 23. Projekt kluczowy: POIG.01.01.02-00-015/08-00 – „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym” – wykonawca w ramach zadań: Z10. Nowoczesne pokrycia barierowe na krytyczne części silnika; Z11. Materiały lotnicze o zaawansowanej strukturze (monokryształ, krystalizacja kierunkowa); Z12. Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych
 24. Projekt realizowany w ramach PROGRAMU BADAŃ STOSOWANYCH w ścieżce A nr PBS1/A5/10/2012/ – „Zastosowanie nowych metod wytwarzania powłok żaroodpornych dla wybranych elementów części gorącej silnika turbinowego w celu zwiększenia jego sprawności” – kierownik projektu
 25. Projekt realizowany w ramach PROGRAMU BADAŃ STOSOWANYCH w ścieżce A nr PBS1/B5/14/2012, finansowany przez NCBiR, pt.: „Optymalizacja procesów technologicznych obróbki skrawaniem stopów tytanu i superstopów stosowanych w konstrukcjach lotniczych” - wykonawca

26. Projekt realizowany w ramach PROGRAMU BADAŃ STOSOWANYCH w ścieżce B nr PBS3/B5/40/2015/ - „Opracowanie nieniszczących metod charakteryzacji warstw nawęglanych w kołach zębatych” – główny wykonawca
27. Projekt realizowany w ramach Programu „DEMONSTRATOR PLUS” nr UOD-DEM-1-557/001 pt. „Testowanie krytycznych elementów silnika lotniczego o podwyższonych parametrach użytkowych” – wykonawca
28. Projektu realizowany w ramach programu INNOLOT nr INNOLOT/I/7/NCBR/2013 pt. „Zaawansowane techniki wytwarzania zespołu turbiny napędowej” INNOLOT TED U-474/G/IL Zadanie nr 9 nt. „Rozwój nowych żaroodpornych powłok ochronnych elementów turbiny” - wykonawca

2. Tematy prac badawczych i ekspertyz wykonanych na zlecenie zakładów przemysłowych

2.1. Po uzyskaniu stopnia doktora

1. Badania właściwości mechanicznych i plastycznych blach stalowych („Tarapata” Mielec) 2006 r.
2. Badania wytrzymałościowe stopu EI-961Sz na silnik PZL-10W (WSK „PZL-Rzeszów”) 2007 r.
3. Próby udarności w temp. -20°C próbek ze stali C35EC, C45 („Śrubres” Rzeszów) 2008
4. Badania wytrzymałościowe złącz nitowanych („Tarapata” Mielec) 2008 r.
5. Badania metalograficzne łopatek – mikrostruktura SEM/LM, mikrotwardość (WSK „PZL-Rzeszów”) 2009 r.
6. Badania metalograficzne pokrycia na profilu nożowym (CAD Design Rzeszów) 2009 r.
7. Określenie rodzaju wad na zamku łopatki (WSK „PZL-Rzeszów”) 2009 r.
8. Identyfikacja wtrąceń w odlewach ze stopu IN-713C (WSK „PZL-Rzeszów”) 2009 r.
9. Obserwacje oraz analiza składu chemicznego na powierzchni łopatek ze stopu ŻS6U (WSK „PZL-Rzeszów”) 2009 r.
10. Obserwacje powierzchni i analiza składu chemicznego malowanych próbek testowych SEM (Śnieżka Lubzina) 2010 r.

11. Analiza składu chemicznego SEM/EDS w obszarze występowania plam (Hispano-Suiza Sędziszów Małopolski) 2010 r.
12. Badania fraktograficzne uszkodzonego elementu kadłuba (WSK „PZL-Rzeszów”) 2010 r.
13. Określenie charakteru nieciągłości występujących wewnątrz blachy AMS 5504 (WSK „PZL-Rzeszów”) 2010 r.
14. Pomiar grubości warstwy azotowanej (Zakład Metalowy WB Mielec) 2010 r.
15. Identyfikacja i ustalenie przyczyny powstania wad na powierzchni koła zębatego (WSK „PZL-Rzeszów”) 2010 r.
16. Identyfikacja uszkodzeń na powierzchni łopatek po procesie szlifowania (WSK „PZL-Rzeszów”) 2010 r.
17. Obserwacje i ocena powierzchni odlewu łopatki SEM/EDS (WSK „PZL-Rzeszów”) 2010 r.
18. Badania właściwości fizyko-chemicznych próbek przeznaczonych do badań procesu obróbki powierzchniowej (AGH Kraków – Wydział Metali Nieżelaznych) 2010 r.
19. Ocena powierzchni przełomu rdzeni ceramicznych (CEREL Boguchwała) 2010 r.
20. Ocena mikrostruktury oraz badania właściwości mechanicznych stali X45CrSi9-3 (BorgWarner Turbo Systems Jasionka) 2011 r.
21. Badania fraktograficzne przełomów rurek lutowanych po nisko- i wysokocyklowej próbie zmęczenia (WSK „PZL-Rzeszów”) 2011 r.
22. Badania metalograficzne kół zębatach po procesie nawęglania (Hispano-Suiza Sędziszów Małopolski) 2011 r.
23. Badania metalograficzne wirników turbosprężarek (BorgWarner Turbo Systems Jasionka) 2011 r.
24. Badania fraktograficzne próbek po próbie zmęczeniowej oraz identyfikacja wtrąceń w obszarze ogniska (HSW Stalowa Wola) 2011 r.
25. Określenie charakteru i przyczyny pęknięcia materiału (BorgWarner Turbo Systems Jasionka) 2011 r.
26. Obserwacje powierzchni oraz analiza składu chemicznego płytek cyrkonowo - niklowych z dodatkiem itru (CEREL Boguchwała) 2011 r.

27. Badania metalograficzne – ocena mikrostruktury żeliwa EN-GJL-250 (BorgWarner Turbo Systems Jasionka) 2011 r.
28. Analiza składu chemicznego wtrąceń metalicznych zawartych w tyglu ceramicznym (CEREL Boguchwała) 2011 r.
29. Określenie rozmiaru ziarna oraz pomiar głębokości warstwy nawęglonej metodą rozkładu mikrotwardości (EXOVA) 2011 r.
30. Identyfikacja wad na odlewach (WSK „PZL-Rzeszów”) 2011 r.
31. Określenie charakteru przełomu oraz ustalenie przyczyny powstania pęknięcia na obudowie z żeliwa szarego (WSK „PZL-Rzeszów”) 2011 r.
32. Identyfikacja wad na powierzchni łopatek aparatu kierującego (WSK „PZL-Rzeszów”) 2011 r.
33. Obserwacje powierzchni przełomów i analiza składu chemicznego SEM/EDS (CEREL Boguchwała) 2011 r.
34. Ekspertyza zniszczonych kotew (ZM INVEST Ropczyce) 2011 r.
35. Określenie parametrów stereologicznych mikrostruktury odlewniczego stopu magnezu (WSK „PZL-Rzeszów”) 2012 r.
36. Określenie składu chemicznego osadu na turbinie (BorgWarner Turbo Systems Jasionka) 2012 r.
37. Badania składu chemicznego końcówek prądowych (KIRCHHOFF Polska Sp. z o.o.) 2013 r.
38. Badania kołnierza łączącego izolator przepustowy do zbiornika komory gaszącej wyłącznika 750 kV (Polskie Sieci Elektroenergetyczne - WSCHÓD S.A.) 2013 r.
39. Analiza składu chemicznego wałków kwalifikacyjnych wykonanych ze stali AMS 6414 i CPW245 (Pratt & Whitney Rzeszów S.A. – dawne WSK „PZL-Rzeszów” S.A.) 2013 r.
40. Opracowanie procedury kalibracji płytek do badania prądami wirowymi z kompensacją wpływu naprężeń własnych (Pratt & Whitney Rzeszów S.A. – dawne WSK „PZL-Rzeszów” S.A.) 2013 r.
41. Badanie zawartości i rozmiarów wtrąceń niemetalicznych w wytopach stali AISI 4140 i CPW 245 dla oceny ich wpływu na powtarzalność wykrywania wad w badaniach prądami wirowymi (Pratt & Whitney Rzeszów S.A. – dawne WSK „PZL-Rzeszów” S.A.) 2013 r.

42. Opracowanie dla Pratt & Whitney Rzeszów S.A. – dawne WSK „PZL-Rzeszów” S.A. opinii dotyczącej zakupu dłutownicy do zębów wewnętrznych z dłutownicą do wielowypustu oraz centrum szlifierskiego w zamian za szlifierkę do otworów do koła pierścieniowego i szlifierki na okrągło do koła zębatego pierścieniowego, 2013 r.
43. Opracowanie opinii o innowacyjności dotyczącej technologii: spawania laserowego i plazmowego metodą „key hole”, tłoczenia z podgrzewaniem oporowym na prasie, wyoblania z podgrzewaniem laserowym oraz rentgenowskiej kontroli bezfilmowej (Computerised Radiography /Digital Radiography) dla (Pratt & Whitney Rzeszów S.A. – dawne WSK „PZL-Rzeszów” S.A.) 2014 r.
44. Opracowanie opinii o innowacyjności dotyczącej technologii: ubytkowego kształtowania powierzchni ewolwentowej zębów kół zębatych przekładni o uzębieniu helikalnym zewnętrznym, daszkowym; technologii ubytkowego kształtowania powierzchni ewolwentowej zębów kół zębatych przekładni o uzębieniu helikalnym wewnętrznym; uzyskania koła pierścieniowego z uzębieniem helikalnym daszkowym wewnętrznym; uzyskania charakterystycznych, określonych wymogami konstrukcyjnymi właściwości warstwy wierzchniej powierzchni roboczych kół zębatych tzw. superfisz dla (Pratt & Whitney Rzeszów S.A. – dawne WSK „PZL-Rzeszów” S.A.) 2014 r.
45. Opracowanie metodyki otrzymywania form ceramicznych ze związków aluminidków (ETO MAGNETIC GmbH, Stockach, Niemcy) 2014 r.
46. Wykonanie badań na zamówienie firmy Pratt & Whitney Rzeszów S.A. umożliwiających ocenę efektywności i skuteczności stosowania technologii zgniatania obrotowego z uwzględnieniem formowania w wysokiej temperaturze (Pratt & Whitney Rzeszów S.A. – dawne WSK „PZL-Rzeszów” S.A.) 2015 r.
47. Analiza XRD w celu wyznaczenia naprężeń wewnętrznych w gniazdach zaworów wytwarzanych metodą przyrostową – GE Gompany Polska Sp. z.o. 2015 r.

UDZIAŁ W KONFERENCJACH I PREZENTOWANE PRACE

Przed uzyskaniem stopnia doktora

1. International Conference on Thermomechanical Processing: Mechanics, Microstructure and Control, The University of Sheffield, Anglia 23-26.06.2002 – referat

Po uzyskaniu stopnia doktora

2. 6th International Conference on Diffusion in Materials, DIMAT 2004, Kraków 18-23.07.2004 - poster
3. Mass and Charge Transport in Materials, Summer School, Kraków 13-17.07.2004 – referat
4. Seminarium poświęcone 70-tej rocznicy urodzin Profesora Zdzisława Jasińskiego: “Niejednorodności odkształcenia w procesach przeróbki plastycznej i rekrytalizacji”, Kraków 21.01.2005 – referat
5. 12th International Conference FORMING 2005, Lednice 14-17.09.2005 - referat
6. 11th International Scientific Conference on the Contemporary Achievements in Mechanics, Manufacturing and Materials Science CAM³S'2005, Gliwice – Zakopane 6-9.12. 2005 r. – referat
7. The 14th International Scientific Conference on "Achievements in Mechanical and Materials Engineering AMME'2006, Gliwice – Wisła 4-8.06.2006 – poster
8. V Krajowa Konferencja „Nowe materiały – nowe technologie w przemyśle okrętowym i maszynowym” NM-NT'2006, Szczecin – Międzyzdroje – Kopenhaga 28.05-1.06.2006 – referat
9. XIII Międzynarodowa Konferencja: „Maszynostroenie i technosfera XXI wieku”, Ukraina Donieck – Sewastopol 11-16.09.2006 – referat
10. 12th International Scientific Conference on the Contemporary Achievements in Mechanics, Manufacturing and Materials Science CAM³S'2006, Gliwice – Zakopane 27-30.09. 2006 r. – referat
11. 10th European Mechanics of Materials Conference EMMC10, Kazimierz Dolny 11-14.06.2007 – poster
12. Międzynarodowa konferencja: „Microscopy – advanced tools for tomorrow's materials” Humboldt University of Berlin, Berlin 8-11.10.2007 – referat
13. XVIII-th Physical Metallurgy and Materials Science Conference Advanced Materials & Technologies AMT'2007, Warszawa – Jachranka 18-21.06.2007 – referat

14. 11th International Symposium SUPERALLOYS 2008”, Champion USA 14-18 September 2008 - – referat
15. XIII International Conference on Electron Microscopy EM’2008, Zakopane 8-11.06.2008 – poster
16. 16th International Scientific Conference on "Achievements in Mechanical and Materials Engineering AMME’2008, Gliwice – Ryn 22-25.06.2008 – poster
17. 17th International Scientific Conference on "Achievements in Mechanical and Materials Engineering AMME’2009, Gliwice – Gdańsk 14-17.06.2009 – poster
18. International Conference Titanium 2009, Waikoloa Hawaii, 13-16.09.2009 – referat
19. 18th International Scientific Conference on "Achievements in Mechanical and Materials Engineering AMME’2010, Gliwice – Wieliczka – Zakopane 13.16.06.2010 – poster
20. XIX-th Physical Metallurgy and Materials Science Conference Advanced Materials & Technologies AMT’2010, Zakopane 20-23.06.2010 – referat
21. XVII Międzynarodowa Konferencja: „Maszynostroenie i technosfera XXI wieku”, Ukraina Donieck – Sewastopol 13-18.09.2010 – referat
22. 7th International Symposium on SUPERALLOY 718 and DERIVATIVES, Pittsburgh USA 10-13.10.2010 – referat
23. International Conference - Turbine Forum 2010, Nicea 22-24.09.2010 - referat
24. 19th International Scientific Conference on "Achievements in Mechanical and Materials Engineering" AMME’2011, Gliwice – Wrocław 29.05-1.06.2011 – poster
25. XIV International Conference on Electron Microscopy EM’2011, Wisła 26-30.06.2011 – poster
26. XVIII Międzynarodowa Konferencja: „Maszynostroenie i technosfera XXI wieku”, Ukraina Donieck – Sewastopol 11-16.09.2011 – referat
27. IX International Conference on Stereology and Image Analysis in Materials, Zakopane 03-06.09.2012 – referat
28. Advanced Coating Technologies for Aviation Applications Symposium, Rzeszów 21-24.10.2012 – referat (invited speaker) – chairman sesji dotyczącej technologii wytwarzania powłokowych barier cieplnych metodą EB-PVD
29. 7th International Conference on Materials Structure & Micromechanics of Fracture MSMF7, Brno 01-03-VII.2013 – poster

30. International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials THERMEC 2013, Las Vegas USA, 2-06.12.2013 – referat (invited speaker)
31. International Thermal Spray Conference & Exposition ITSC 2014, Barcelona 21-23.05.2014 – poster
32. International Conference on High-Power Electron Beam Technology “ebeam 2014”, Reno USA 26.28.10.2014 – referat (invited speaker)
33. 13th World Conference on Titanium 2015, San Diego 16-20.VIII.2015 – referat
34. International Conference - Turbine Forum 2016, Nicea 26-29.04.2016 - referat (invited speaker)
35. Advanced Materials and Technologies AMT 2016, Rawa Mazowiecka 5-8 czerwiec 2016 – referat i poster



26.09.2016 r

Data

.....

podpis habilitanta

Tabelaryczne zestawienie dorobku

Wyszczególnienie		Przed doktoratem	Po doktoracie (autorskie)	Razem	Punkty MMiSW	IF
publikacje w czasopismach	krajowych	0	18	18	200	
	międzynarodowych	6	27 (5)	40(5)	215	
	z bazy JCR	1	27 (1)	21(1)	606	30,419
Razem		7	72 (6)	79(6)	1021	30,419
Materiały konferencyjne	krajowe		3	3		
	międzynarodowe	1	2	3		
	zagraniczne		18	18		
	Indeksowane w bazie JCR - zagraniczne		3(1)	3		
Razem		1	24(1)	27		
Udział w konferencjach	krajowych		2	2		
	międzynarodowych	1	16	16		
	zagranicznych	1	17	18		
Razem		1	34	35		
Udział w projektach badawczych finansowanych przez:	NCBiR/MNiSW /NCN		28	28		
	UE	2	4	6		
	zagranicznych	5	3	8		
Razem		8	35	43		
Recenzje artykułów opublikowanych w czasopismach z listy JCR			10	10		
Recenzje projektów zagranicznych			2	2		
Recenzje projektów krajowych finansowanych przez NCBiR			33	33		
Recenzje projektów krajowych finansowanych przez NCN			3	3		