



ZB nr 12: Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

Liderzy merytoryczni:

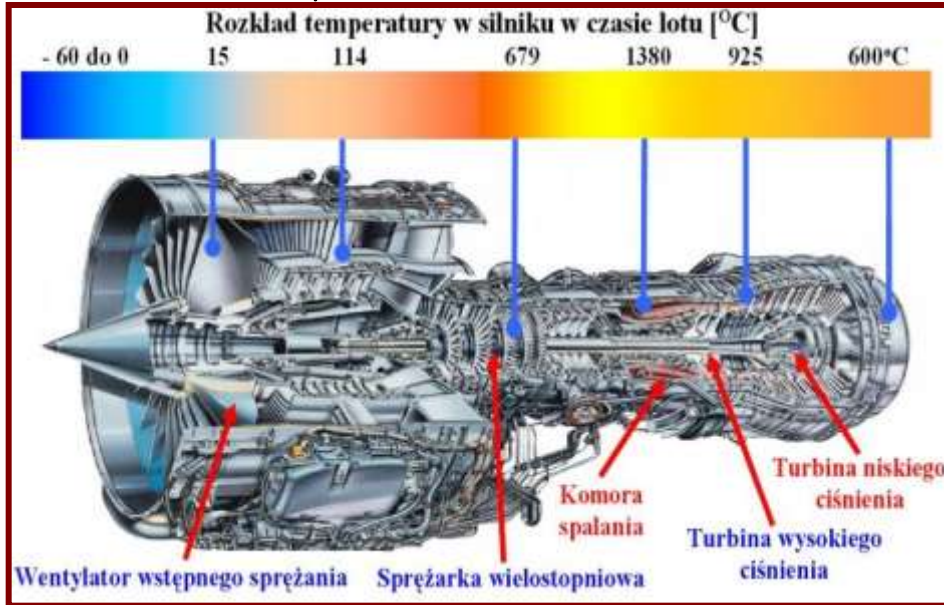
-  Prof. dr hab. inż. Jan Cwajna (Politechnika Śląska),
-  Prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski (Pol. Rzeszowska)

Instytucje partnerskie w zadaniu:

-  Politechnika Rzeszowska,
-  Politechnika Śląska,
-  Politechnika Warszawska.

Główny partner przemysłowy: WSK "PZL Rzeszów" S.A.

Przedmiot badań w zadaniu 12

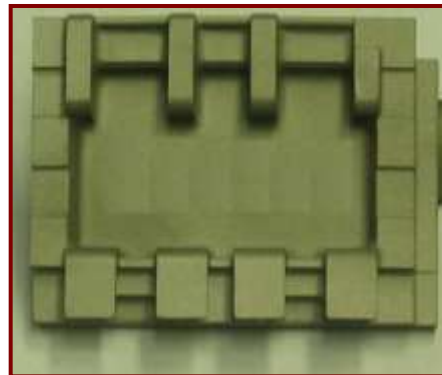


Przekrój silnika lotniczego VP 2500 Pratt & Whitney.



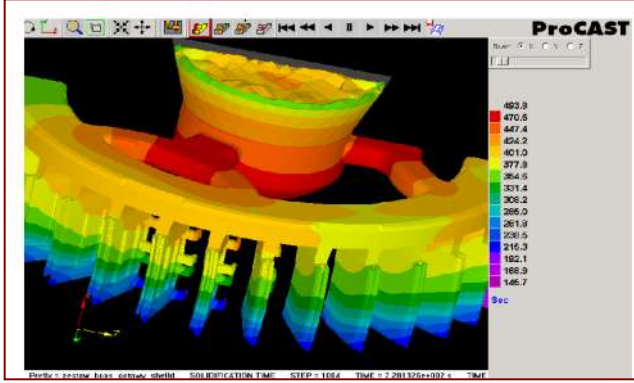
Łopatkę turbiny niskiego ciśnienia i segmenty łopatkowe z nadstopów niklu

Segmenty osłonowych barier ciepłych strefy spalania z nadstopu kobaltu



Aparaty kierujące z nadstopów niklu

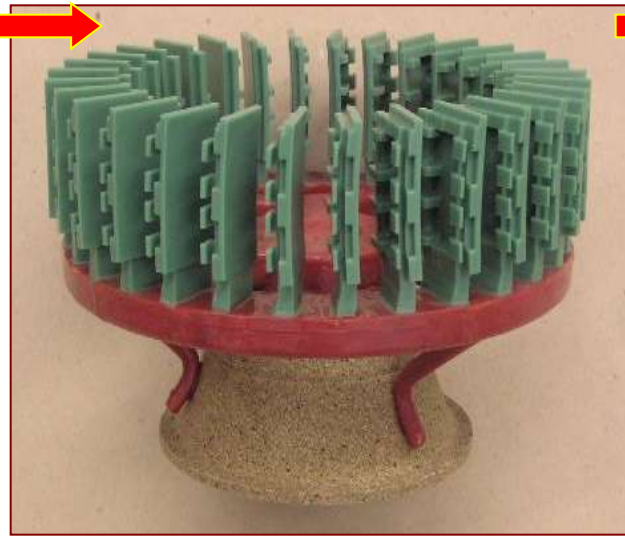
1. Projektowanie odlewów i elementów układu wlewowego
2. Symulacja procesu zalewania i krzepnięcia odlewów



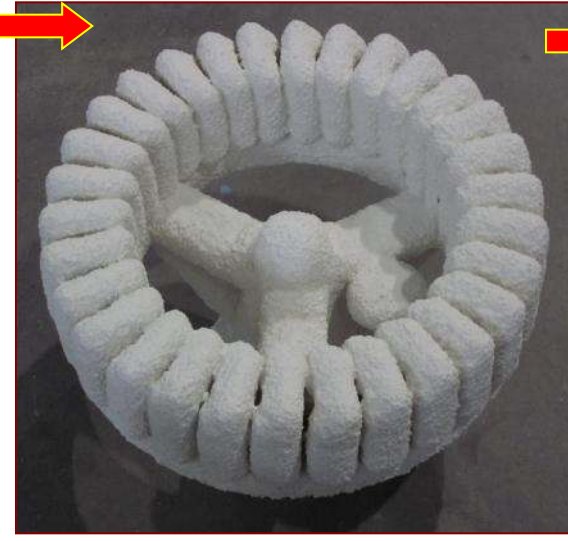
3. Wykonywanie matryc
4. Wykonywanie woskowych modeli odlewów



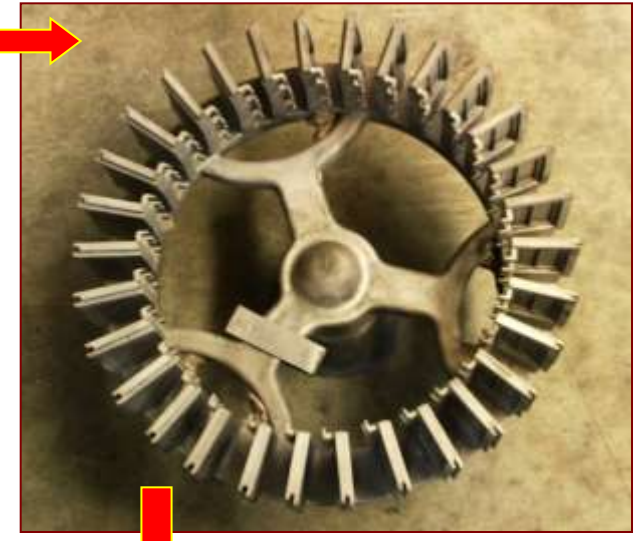
3. Wykonywanie zestawów modelowych



3. Wykonywanie form ceramicznych



3. Przetapianie stopów wsadowych
4. Odlewanie



6. Kontrola jakości odlewów

5. Obróbka wykończająca

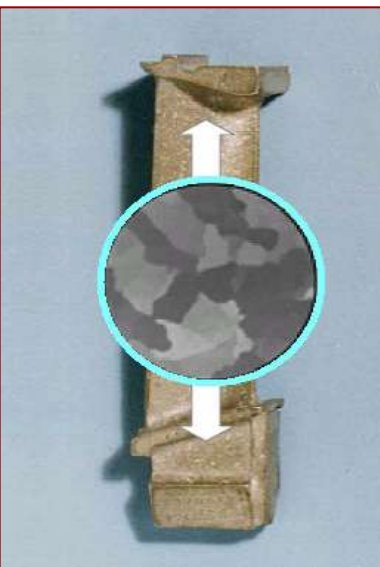
**SEMINARIUM NAUKOWE INDYWIDUALNEGO PROJEKTU KLUCZOWEGO:
„NOWOCZESNE TECHNOLOGIE MATERIAŁOWE STOSOWANE W PRZEMYSŁE
LOTNICZYM”**

Zadania badawcze nr 11, 12 i 13

Zakopane 13 ÷ 17.10.2009

Najpilniejsze problemy do rozwiązania:

- 1). Udoskonalenie metodyki projektowania technologii precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych z wykorzystaniem wspomaganie komputerowego - opracowanie bazy danych o właściwościach stopów wsadowych, wosków modelarskich oraz materiałów form ceramicznych do symulacji numerycznej procesu zalewania, krystalizacji i krzepnięcia odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu (PRz , PŚI. i PW).
- 2). Analiza przyczyn powstawania wad w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu (PRz, PŚI. i PW).
- 3). Udoskonalenie elementów systemu zapewnienia jakości procesów wytwarzania oraz odlewów precyzyjnych części silników lotniczych z nadstopów niklu (PŚI.).



**OPRACOWANO WSPÓLNIE Z PARTNEREM PRZEMYSŁOWYM PROGRAM
BADAŃ W ROKU 2010**

12.1. Opracowanie bazy danych materiałowych do symulacji numerycznej procesu zalewania, krzepnięcia i krystalizacji odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
1.1	Wykonanie analizy DTA i badań kalorymetrycznych procesów krystalizacji i krzepnięcia nadstopów niklu stosowanych w przemyśle krajowym oraz wyznaczenie właściwości cieplnych wielowarstwowych form ceramicznych	Od 1 do 48	Politechnika Śląska

Zadania wykonane do 14.12.2009:

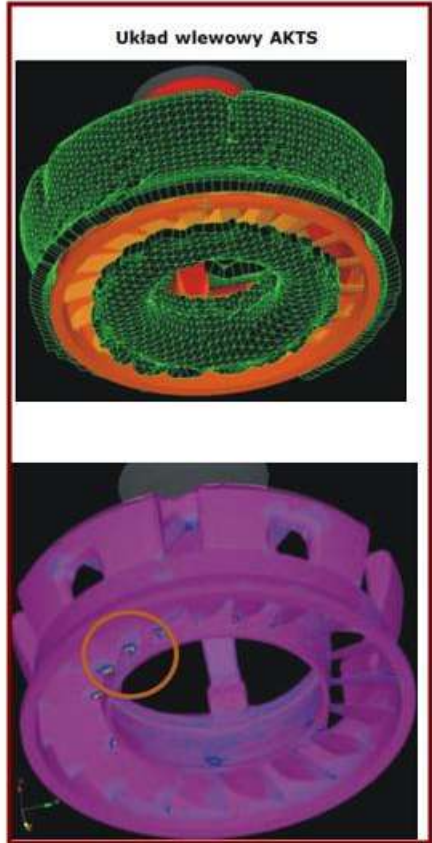
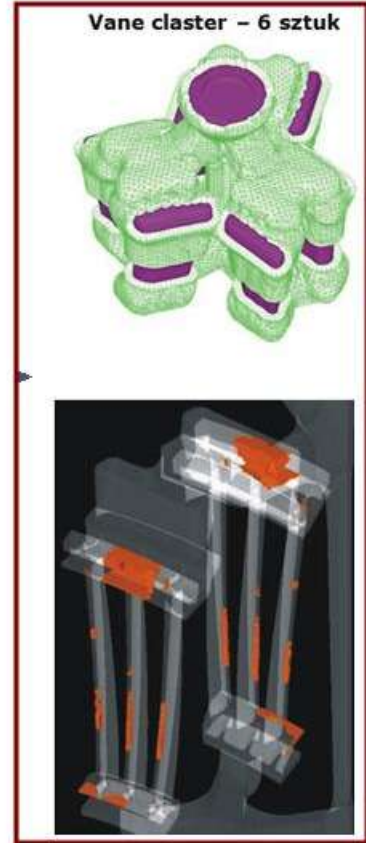
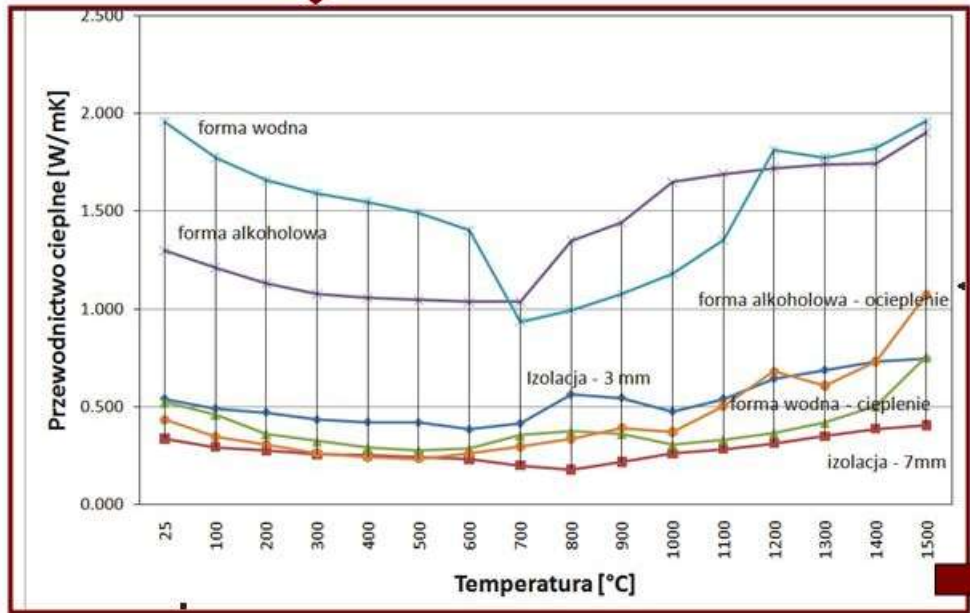
1. Zaprojektowano i wykonano stanowisko do analizy DTA procesów krzepnięcia nadstopów niklu.
2. Zaprojektowano wielowarstwową formę ceramiczną do wyznaczania właściwości cieplnych oraz układ do pomiaru rozkładu temperatury na przekroju formy.
3. Ustalono warunki metodyczne otrzymywania powtarzalnych wyników badań właściwości cieplnych form na urządzeniu LFA 427 firmy Netzsch.
4. Opracowano metodykę i wyznaczono właściwości cieplne waty izolacyjnej stosowanej do ocieplania form ceramicznych na urządzeniu LFA 427 firmy Netzsch.
5. Opracowano metodykę i wyznaczono właściwości cieplne mis wlewowych i filtrów ceramicznych na urządzeniu LFA 427 firmy Netzsch.
6. Wykonano analizę termiczną ATD 4 stopów IN-713C i 4 stopów MAR M247.

Podzadanie 1.1: Wykonanie analizy DTA i badań kalorymetrycznych procesów krystalizacji i krzepnięcia nadstopów niklu stosowanych w przemyśle krajowym oraz wyznaczenie właściwości cieplnych wielowarstwowych form ceramicznych

Dyfuzyjność cieplna
Ciepło właściwe →
Gęstość



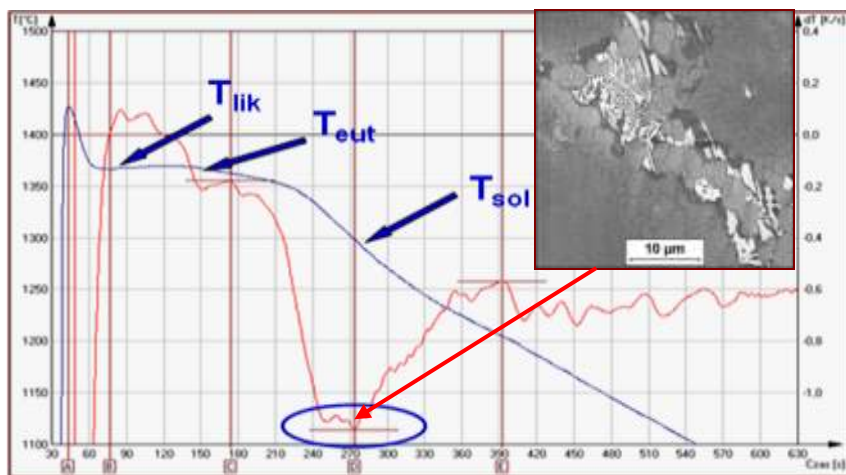
Aparatura - LFA 427
Opracowanie metodyki badań



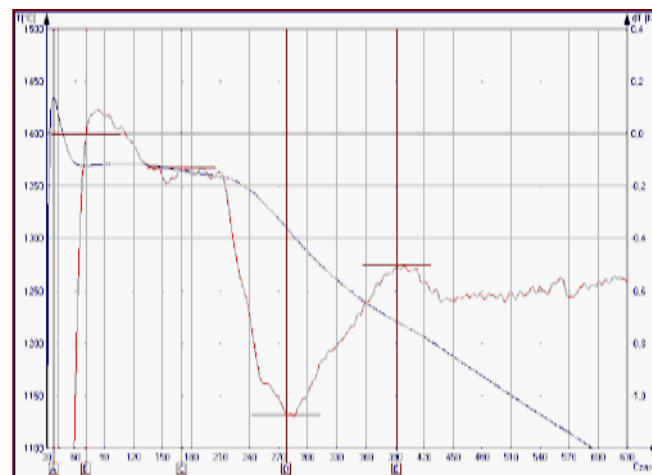
Istotne udoskonalenie metodyki symulacji komputerowej zalewania form i krzepnięcia odlewów

Podzadanie 1.1: Wykonanie analizy DTA i badań kalorymetrycznych procesów krystalizacji i krzepnięcia nadstopów niklu stosowanych w przemyśle krajowym oraz wyznaczenie właściwości cieplnych wielowarstwowych form ceramicznych

Master heat A67



Master heat A68



Wykresy analizy ATD oraz wartości pomiarowe w ustalonych punktach charakterystycznych - stop MAR M247

Parametr	Oznaczenie stopu wsadowego <i>master heat</i>	
	(A67) - wadliwy	(A68) - dobry
T_{lik} , °C (początek krzepnięcia)	1366	1369
T_{eut} , °C (krzepnięcie eutektyki)	1363	1365
T_{sol} , °C (koniec krzepnięcia)	1298	1310
T_{pst} , °C (przemiana w stanie stałym)	1220 i 1205 (max)	1221 (max)

1. Stopy wsadowe o składzie chemicznym zgodnym z normą mogą mieć istotnie różne temperatury krytyczne.
2. Konieczny jest indywidualny dobór parametrów przetapiania i odlewania dla poszczególnych stopów wsadowych na podstawie wyników analizy ATD

12.1. Opracowanie bazy danych materiałowych do symulacji numerycznej procesu zalewania, krzepnięcia i krystalizacji odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
1.2	Opracowanie bazy danych materiałowych dla wosków modelarskich i form ceramicznych w kontekście wytworzenia modelowych, wirtualnych form odlewniczych	Od 1 do 48	Politechnika Warszawska

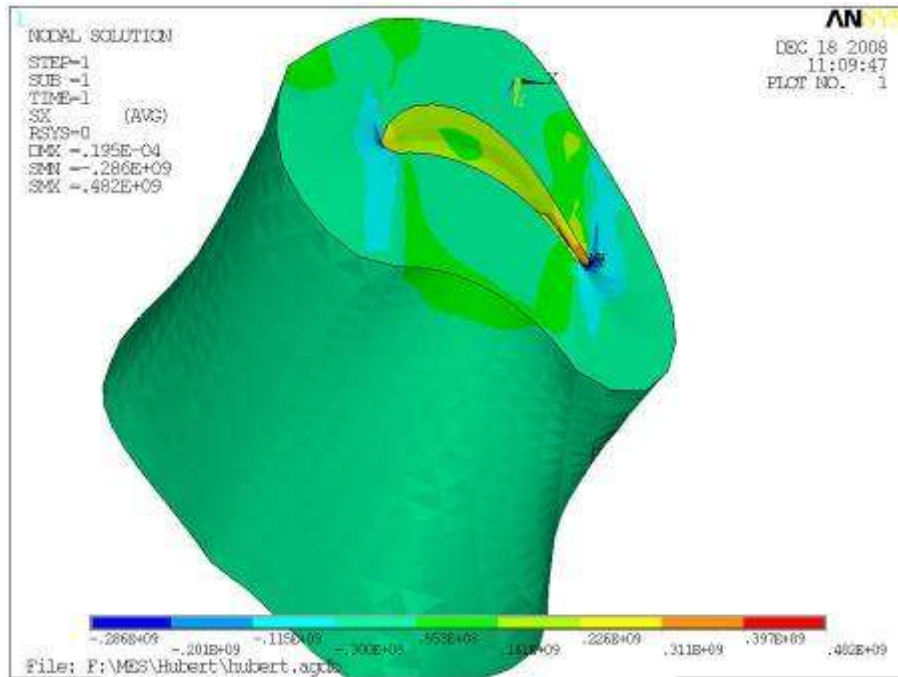
Zadania wykonane do 14.12.2009:

1. Opracowano metodykę pomiaru temperatur charakterystycznych wosków modelarskich techniką DSC.
2. Opracowano metodykę pomiaru składu fazowego wosków modelarskich techniką RTG.
3. Opracowano metodykę wyznaczania ciepła właściwego materiału pierwszej warstwy formy odlewniczej.

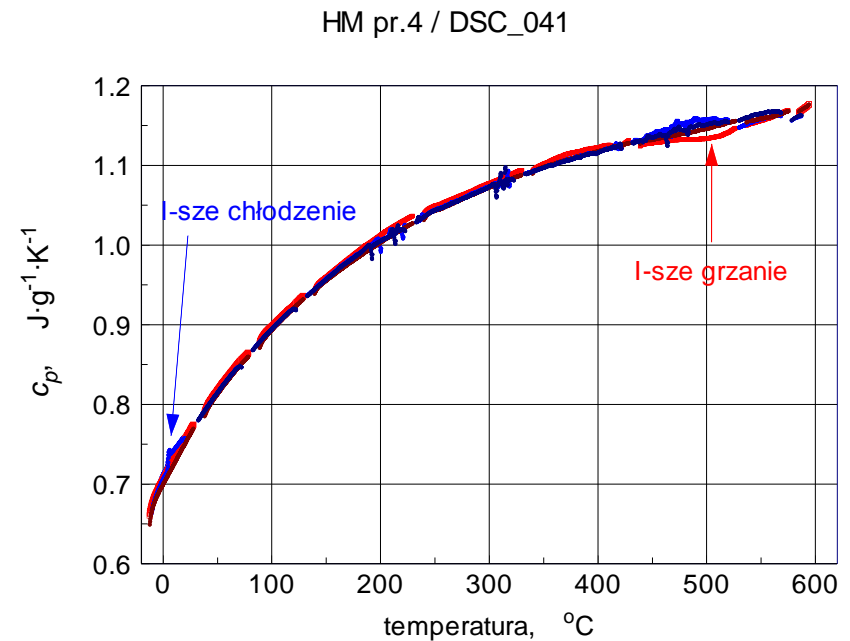


Uzyskano dane umożliwiające istotne udoskonalenie technologii wytwarzania modeli woskowych, woskowych zestawów modelowych i wielowarstwowych form ceramicznych

Podzadanie 1.2: Opracowanie bazy danych materiałowych dla wosków modelarskich i form ceramicznych w kontekście wytworzenia modelowych, wirtualnych form odlewniczych



Wyniki badań ciepła właściwego wosku na modele odlewów



Wyniki analizy DSC dla wosku na modele odlewów

12.2. Ocena wpływu czynników materiałowych technologicznych na jakość ciekłego metalu

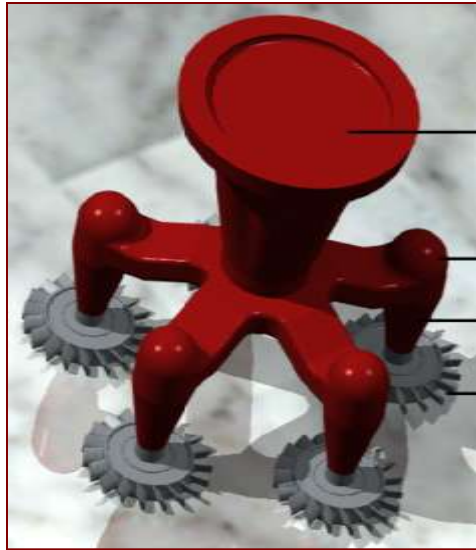
L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
1.3	Wykonanie symulacji komputerowych procesu zalewania, krystalizacji i krzepnięcia wybranych odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu oraz weryfikacja wyników badań symulacyjnych w badaniach doświadczalnych odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 36	Politechnika Rzeszowska

Zadania wykonane do 14.12.2009:

- Wykonano symulacje komputerowe procesu zalewania, krystalizacji i krzepnięcia odlewu części silnika odrzutowego PZL – 10W w komercyjnych programach *ProCAST* i *MAGMA*.
- Ustalono zalety i wady obydwu programów.
- Na podstawie wyników symulacji komputerowej opracowano technologię i wykonano odlewy doświadczalne:
 - kadłuba silnika odrzutowego PZL – 10W,
 - wirnika turbiny (μ SO-1)



Podzadanie 1.3: Wykonanie symulacji komputerowych procesu zalewania, krystalizacji i krzepnięcia wybranych odlewów precyzyjnych części silników lotniczych z nadstopów niklu oraz weryfikacja wyników badań symulacyjnych w badaniach doświadczalnych odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu



Model 3D zestawu odlewniczego

Model odlewu wirnika turbiny (μSO-1) wykonany metodą SL



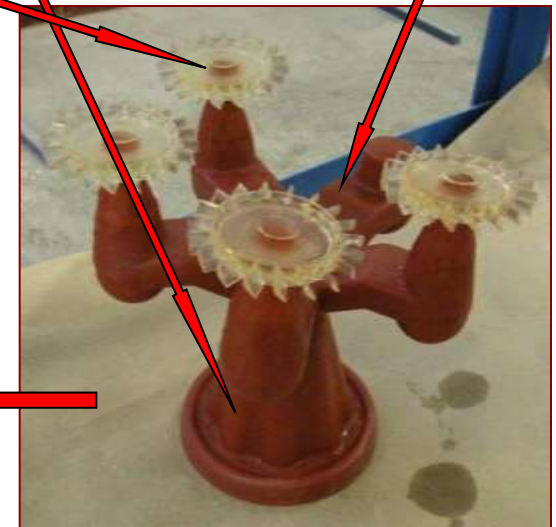
Woskowe modele miski i belek doprowadzających



Odlew



Forma ceramiczna



Zestaw modelowy

12.2. Ocena wpływu czynników materiałowych technologicznych na jakość ciekłego metalu

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
2.1	Analiza zjawisk zachodzących na granicy tygiel-ciekły metal w procesie przetapiania stopów wsadowych	Od 1 do 36	Politechnika Warszawska

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
2.2	Analiza wpływu materiału tygla oraz wpływu parametrów przetapiania stopów wsadowych na jakość doświadczalnych odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 36	Politechnika Rzeszowska



Ustalono czynniki wpływające na trwałość tygli i czystość metalurgiczną odlewów

12.3. Ocena wpływu czynników materiałowych i technologicznych na jakość modeli i zestawów modelowych

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
3.1	Ocena wybranych wosków modelarskich pod kątem kształtowania jakości modeli i zestawów modelowych oraz możliwości ich recyklingu	Od 1 do 24	Politechnika Warszawska
L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
3.2	Ustalenie wpływu parametrów wytwarzania modeli i zestawów modelowych na ich jakość, determinowaną wymaganą dokładnością wykonania ceramicznych form odlewniczych przeznaczonych do precyzyjnego odlewania części lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 36	Politechnika Rzeszowska



Ustalono kryteria doboru wosków na odlewy oraz elementy zestawów modelowych

12.4. Ocena wpływu czynników materiałowych i technologicznych na jakość form ceramicznych

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
4.1	Badanie wpływu składu chemicznego mineralogicznego i granulometrycznego proszków ceramicznych, wypełniaczy i posypek oraz wybranych czynników technologicznych na właściwości wielowarstwowych form ceramicznych do precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 48	Politechnika Warszawska

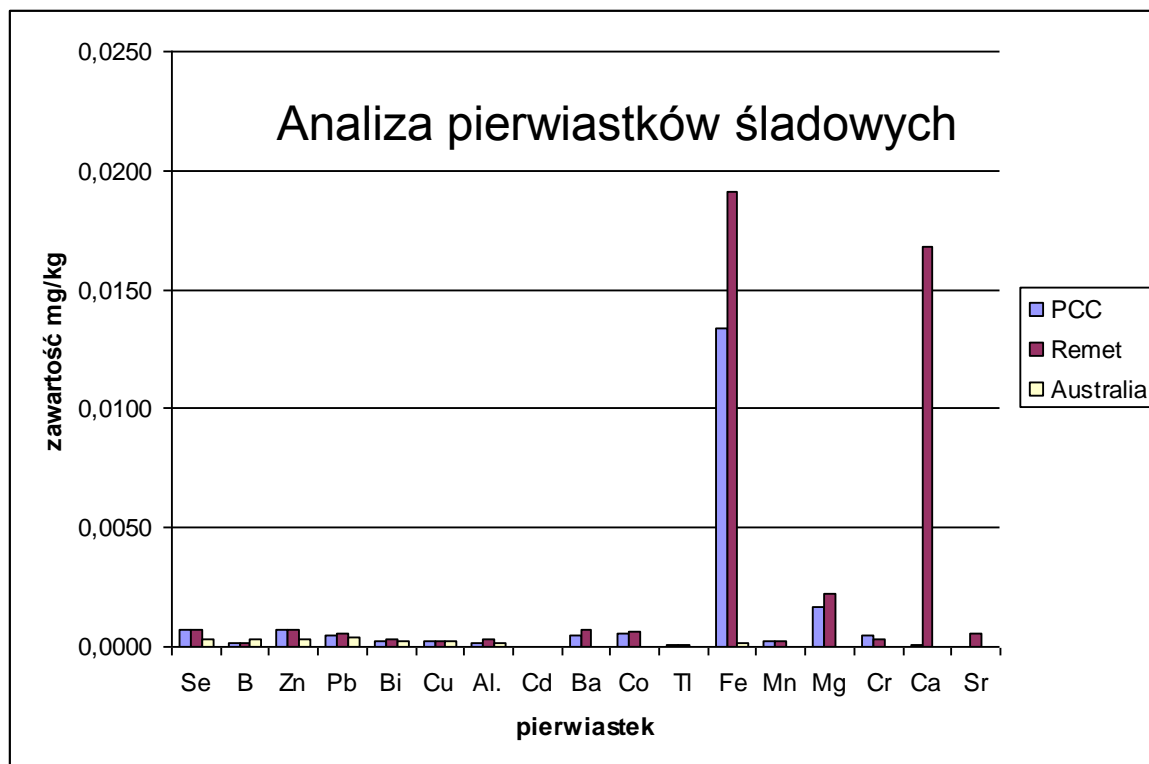
Zadania wykonane do 14.12.2009:

1. Opracowanie metodyki wyznaczania składu chemicznego i fazowego proszków ceramicznych do wytwarzania form.
2. Opracowanie metodyki wykonywania pomiarów wielkości cząstek proszków techniką laserową.
3. Opracowanie metodyki wyznaczania pierwiastków śladowych w proszkach formierskich na 1 warstwę formy i w spoiwie.

Podzadanie 4.1: Badanie wpływu składu chemicznego mineralogicznego i granulometrycznego proszków ceramicznych, wypełniaczy i posypek oraz wybranych czynników technologicznych na właściwości wielowarstwowych form ceramicznych do precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

Skład mineralogiczny

% mas	PCC	Remet	Australi
SiO ₂	31,82	31,89	32,75
Al ₂ O ₃	0,71	0,32	0,35
Fe ₂ O ₃	0,05	0,05	0,11
TiO ₂	0,19	0,14	0,19
MnO	0,03	0,03	0,03
CaO	0,01	0,01	0,1
MgO	0,01	<0,01	0,02
Na ₂ O	0,09	0,08	0,13
K ₂ O	<0,01	<0,01	<0,01
P ₂ O ₅	0,2	0,19	0,23
Cr ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	65,67	65,99	64,72
HfO	1,25	1,23	1,23
<i>str praż</i>	<i>0,01</i>	<i>0,1</i>	<i>0,15</i>



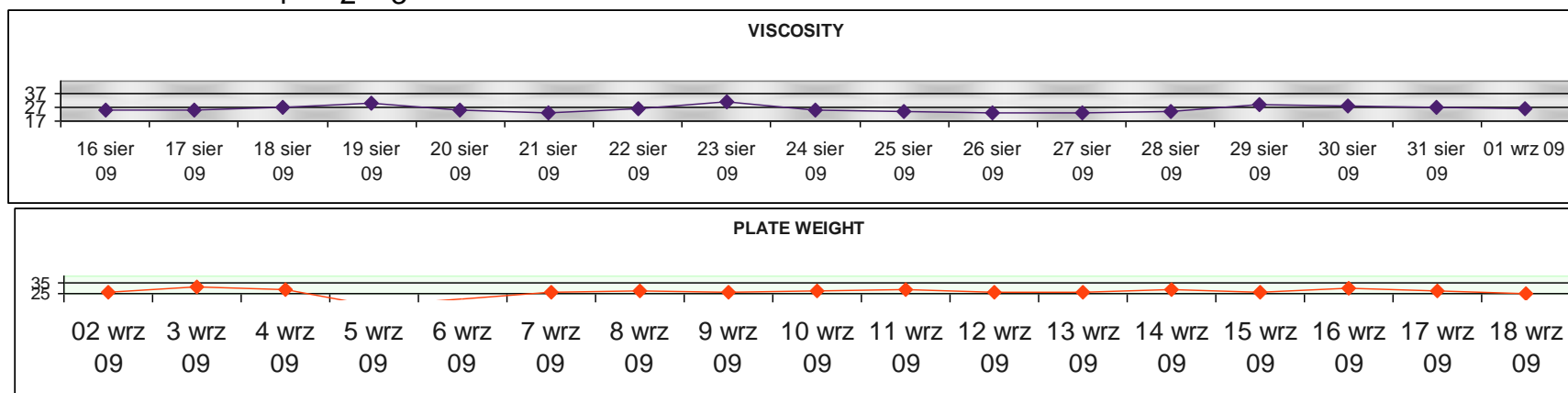
Przykład oceny składu mineralogicznego i zawartości pierwiastków śladowych w proszkach ceramicznych do wytwarzania form odlewniczych

12.4. Ocena wpływu czynników materiałowych i technologicznych na jakość form ceramicznych

Lp. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
4.2.	Opracowanie metodyki i wykonanie badań właściwości reologicznych i technologicznych mieszanek stosowanych do wytwarzania wielowarstwowych form ceramicznych do precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 48	Politechnika Warszawska

Zadania wykonane do 14.12.2009:

Opracowanie metodyki i wykonanie badań właściwości reologicznych i technologicznych mieszanki $ZrSiO_4/Al_2O_3/LudoxSK$.



Uzyskano dane niezbędne dla doskonalenia technologii wytwarzania wielowarstwowych form ceramicznych

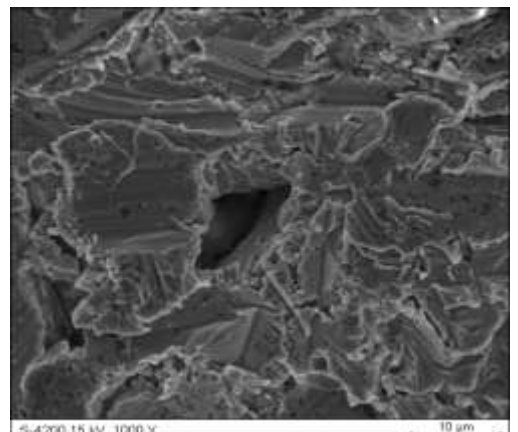
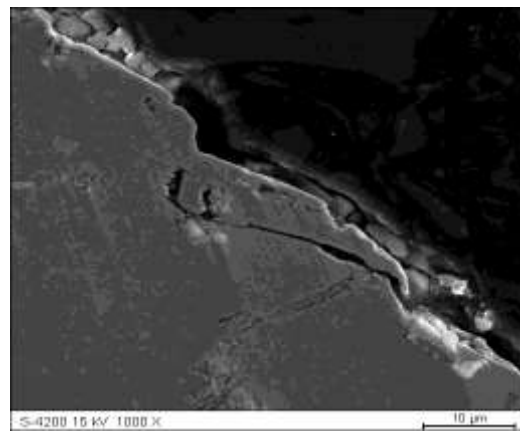
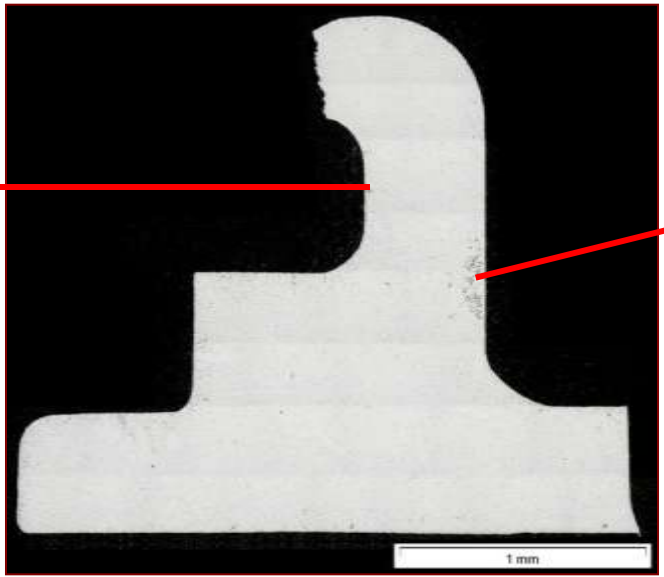
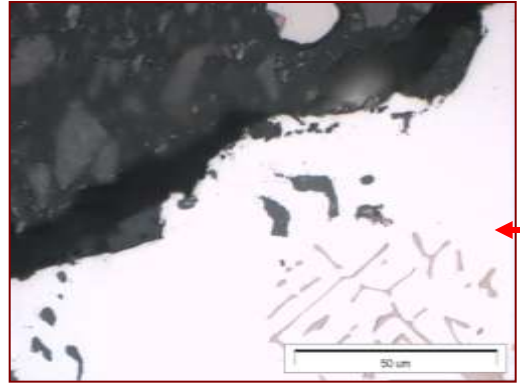
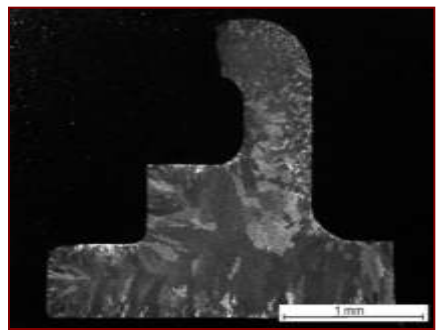
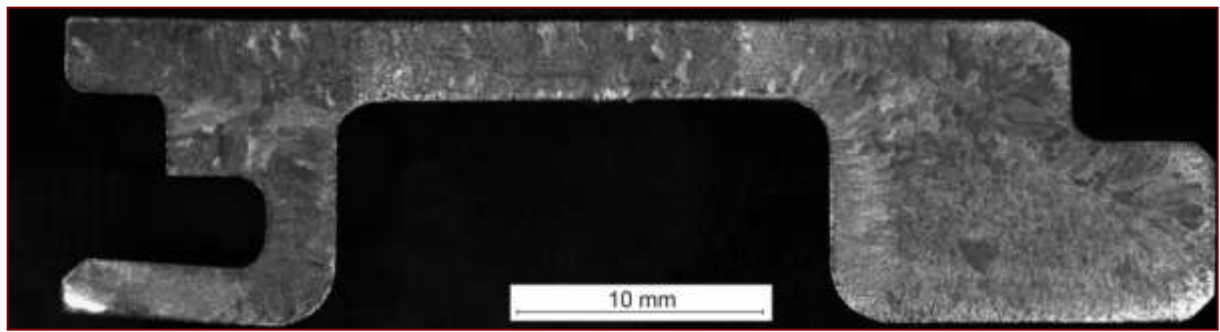
12.6: Analiza przyczyn powstawania wad w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas	Wykonawcy podzadania
6.1	Analiza przyczyn powstawania wad ujawnianych metodami nieniszczącymi w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 60	Politechnika Śląska

Zadania wykonane do 14.12.2009

- 1). Opracowano założenia metodyczne i organizacyjne analizy wpływu czynników materiałowych i technologicznych na powstawanie wad ujawnianych metodami nieniszczącymi w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu.
- 2). Ustalono zakres i metodykę wykonywania analiz statystycznych dotyczących wpływu czynników materiałowych i technologicznych na powstawanie wad ujawnianych metodami nieniszczącymi (rentgenowska i fluorescencyjną) w odlewach precyzyjnych z nadstopów niklu.
- 3). Ustalono sposób opisu odlewów z wadami oraz przygotowania tych odlewów do badań strukturalnych.
- 4). Wykonano badania metalograficzne wad ujawnionych metodą rentgenowską i fluorescencyjną w odlewach segmentów BOAS z nadstopu kobaltu MAR M509 z bieżącej produkcji WSK „PZL Rzeszów” S.A.

Podzadanie 6.1: Analiza przyczyn powstawania wad ujawnianych metodami nieniszczącymi w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu



Wady w segmencie BOAS z nadstopu MAR M509

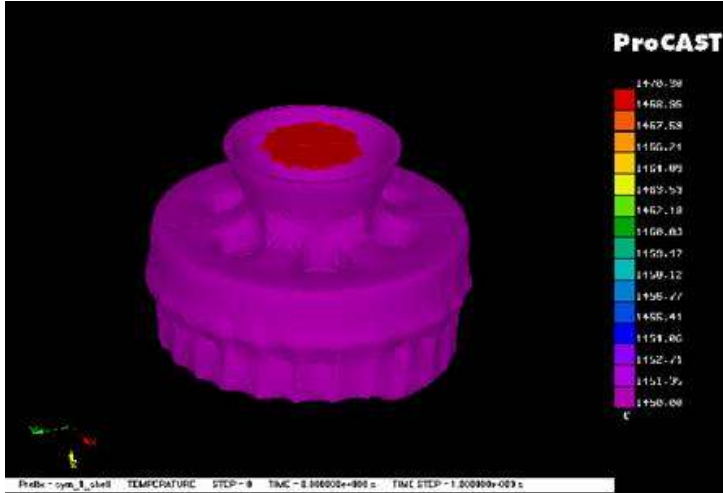
12.6. Analiza przyczyn powstawania wad w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawca podzadania
6.3	Analiza czynników wpływających na rozkład i poziom naprężeń oraz powstawanie pęknięć w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 60	Politechnika Warszawska

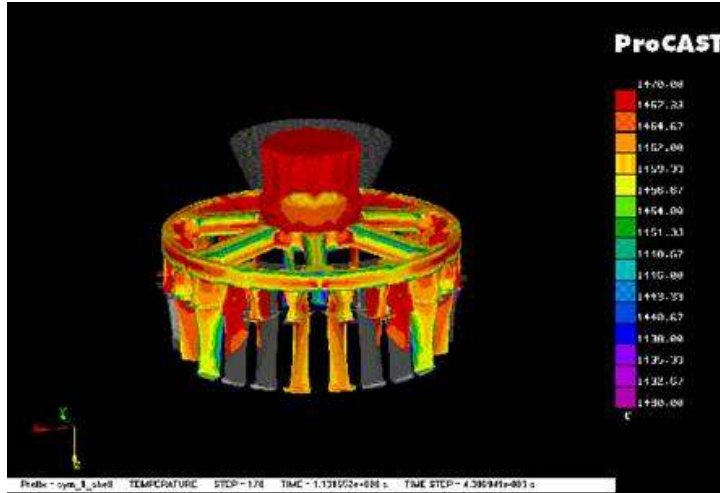
Zadania wykonane do 14.12.2009:

1. Przeprowadzono obliczenia nieustalonych procesów stygnięcia form i wyznaczono rozkłady stanu naprężeń resztkowych w formach i odlewanych elementach, w zależności od parametrów chłodzenia i właściwości termomechanicznych formy.
2. Wykorzystano uproszczony model warstwy odlewu i ceramiki oraz trójwymiarowy model łopatki lotniczej w formie ceramicznej.
3. Wykonano analizę rozkładów porowatości w odlewach.

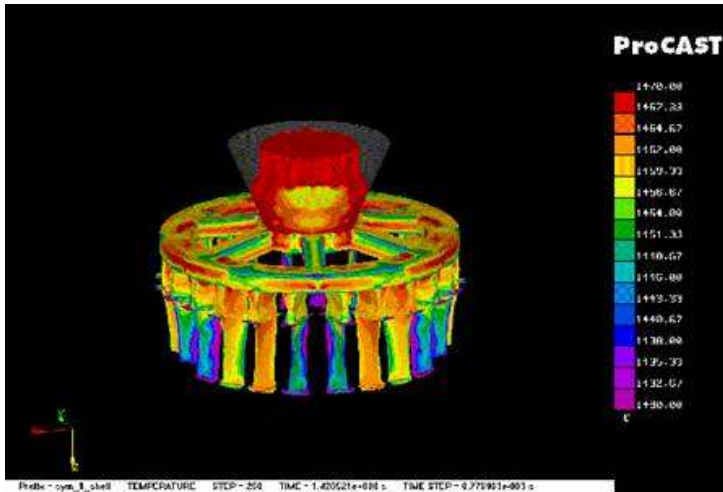
Podzadanie 6.3: Analiza czynników wpływających na rozkład i poziom naprężeń oraz powstawanie pęknięć w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu



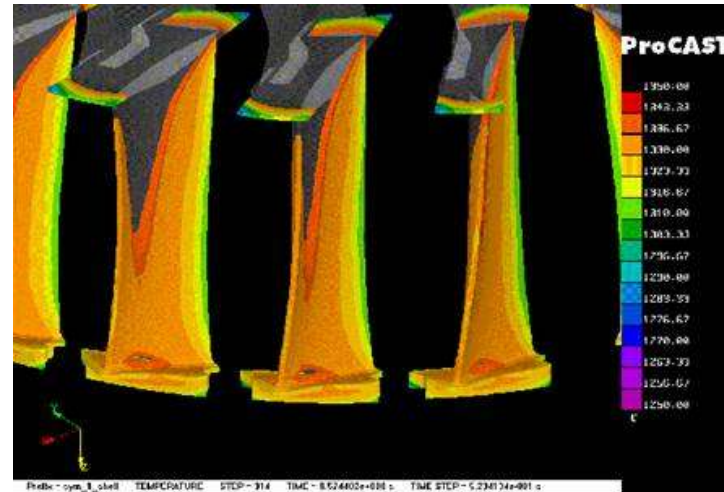
Forma w temperaturze zalania



Wypełnianie belki wlewowej



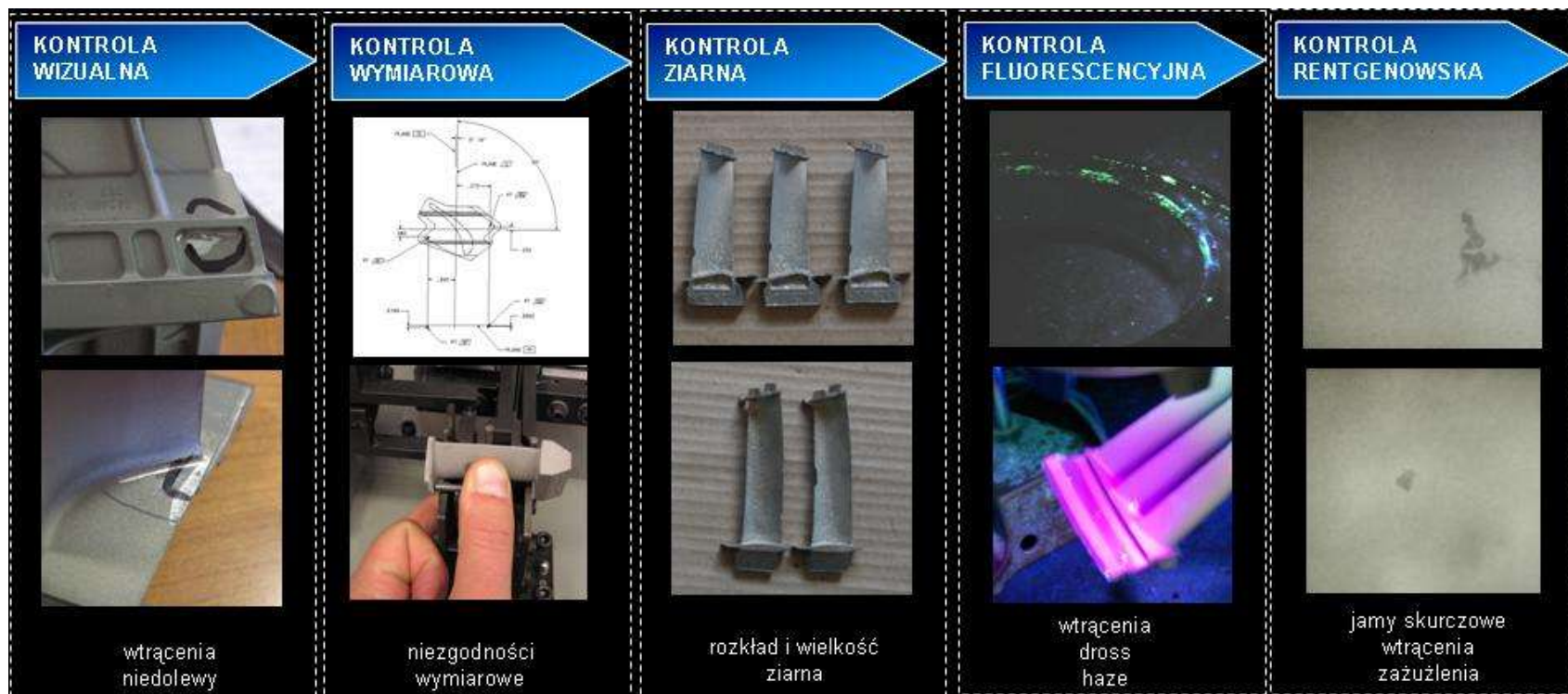
Rozkład temperatury podczas chłodzenia



Rozkład porowatości

12.6: Analiza przyczyn powstawania wad w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawcy podzadania
6.4	Klasyfikacja wad odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu - opracowanie atlasu wad	Od 1 do 60	Politechnika Śląska



Metodyka odbioru jakościowego odlewu surowego

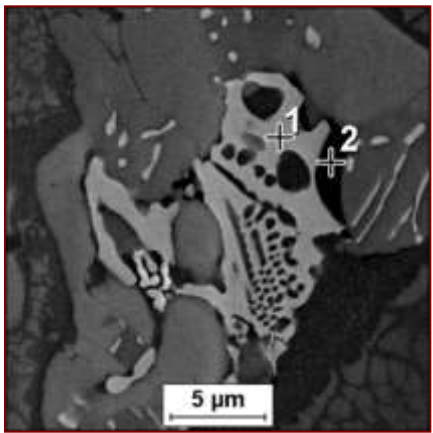
12.7: Udoskonalenie elementów systemu zapewnienia jakości procesów wytwarzania oraz odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawcy podzadania
7.1	Opracowanie procedur oceny czystości metalurgicznej stopów wsadowych i odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 24	Politechnika Śląska

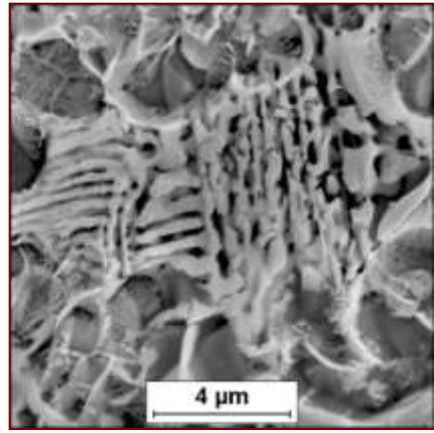
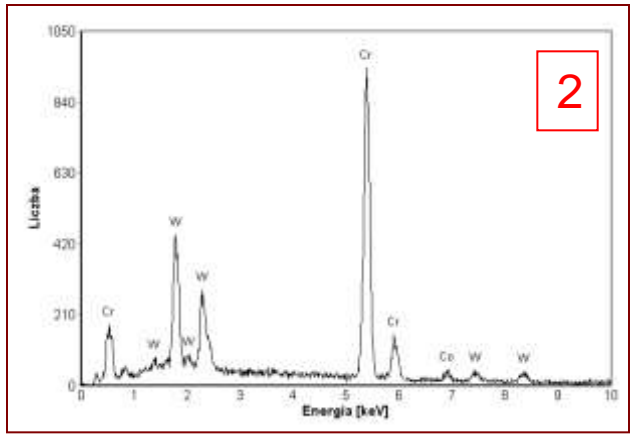
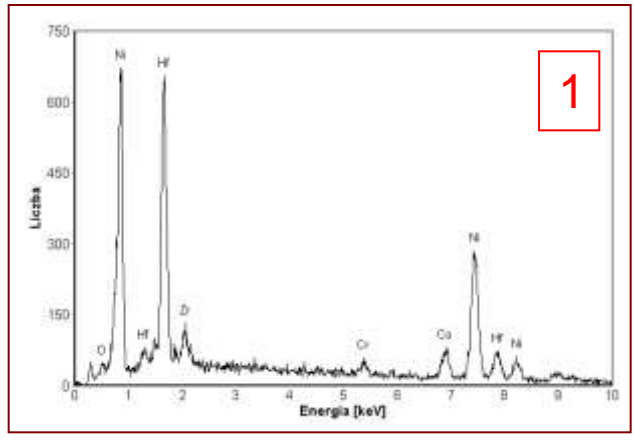
Zadania wykonane do 14.12.2009

- 1). Ustalono sposób przygotowywania i opisu preparatów do oceny czystości metalurgicznej stopów wsadowych i odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu w Odlewni Precyzyjnej WSK „PZL Rzeszów”
- 2). Opracowano metodykę identyfikacji wtrąceń niemetalicznych w nadstopach niklu z zastosowaniem mikroskopu elektronowego skaningowego oraz spektrometrów EDS i EBSD.
- 3). Wykonano badania wtrąceń niemetalicznych w aktualnie wytwarzanych w WSK „PZL Rzeszów” S.A. segmentach barierowych osłon cieplnych z nadstopu kobaltu MAR M 509 oraz stopach wsadowych *master heat*.

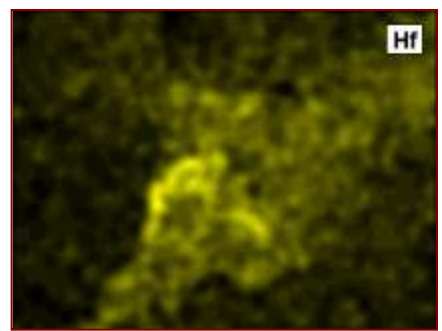
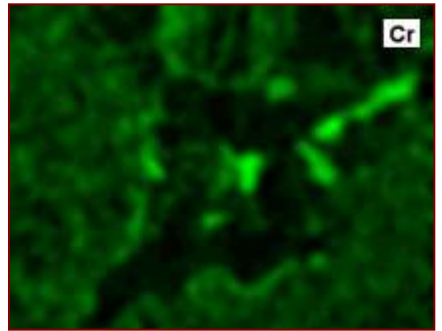
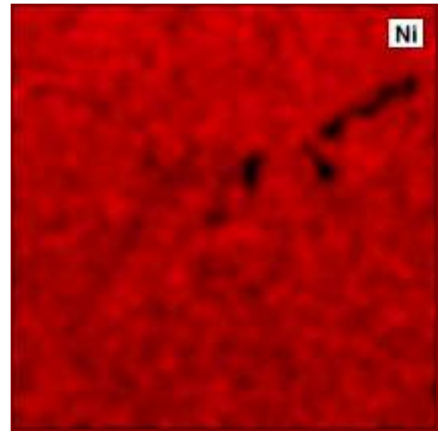
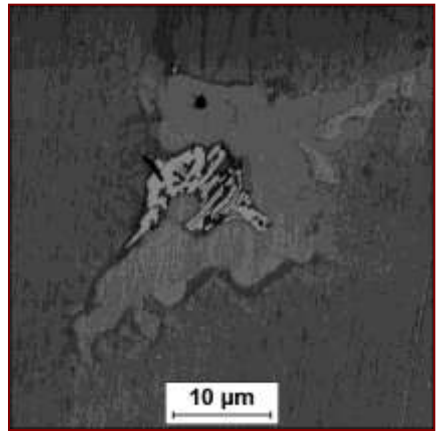
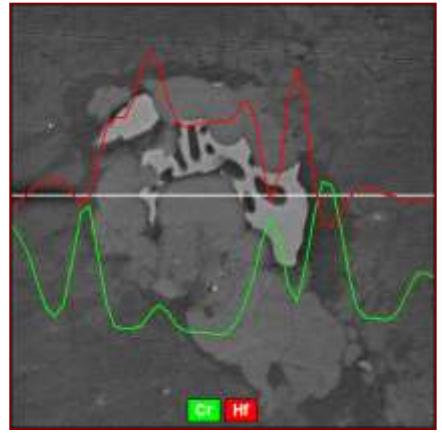
Podzadanie 7.1: Opracowanie procedur oceny czystości metalurgicznej stopów wsadowych i odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu



Stan dostawy



Po przetopie



Eutektyki w stopie wsadowym MAR M247

12.7: Udoskonalenie elementów systemu zapewnienia jakości procesów wytwarzania oraz odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawcy podzadania
7.2	Opracowanie procedury kompleksowej procedury ilościowej oceny porowatości w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 36	Politechnika Śląska

Zadania wykonane do 14.12.2009:

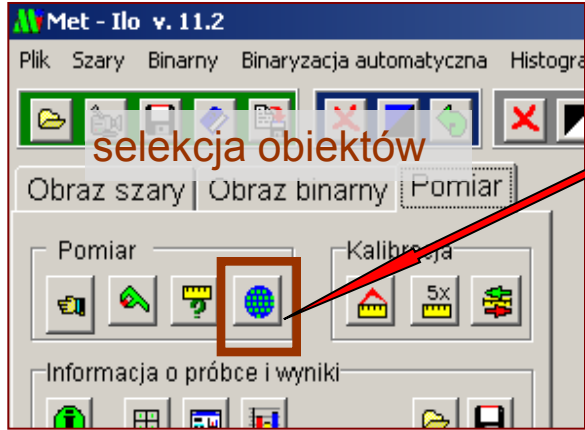
- 1). Ustalono sposób przygotowywania i opisu preparatów do oceny porowatości gazowej i skurczowej w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu w Odlewni Precyzyjnej WSK „PZL Rzeszów” S.A..
- 2). Opracowano procedury przygotowania preparatów do oceny porowatości w odlewach precyzyjnych z różnych nadstopów niklu.
- 3). Udoskonalono metodykę składania w płaszczyźnie X - Y na mikroskopie świetlnym obrazów porów ujawnianych na przekrojach wzdłużnych i poprzecznych odlewów precyzyjnych.
- 4). Ujednolicono procedury przygotowania preparatów i akwizycji obrazów porów w laboratoriach partnerów uczelnianych i partnera przemysłowego - metody akwizycji obrazów porów.

12.7: Udoskonalenie elementów systemu zapewnienia jakości procesów wytwarzania oraz odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

Podzadanie 7.2: Opracowanie kompleksowej procedury ilościowej oceny porowatości w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu



Selektywna ocena porowatości gazowej i skurczowej

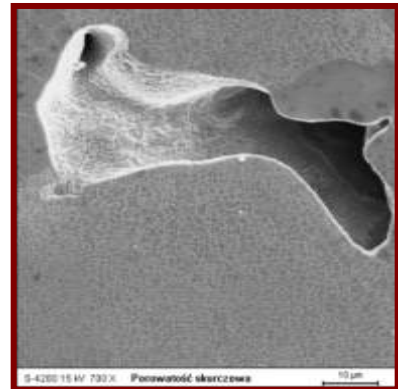
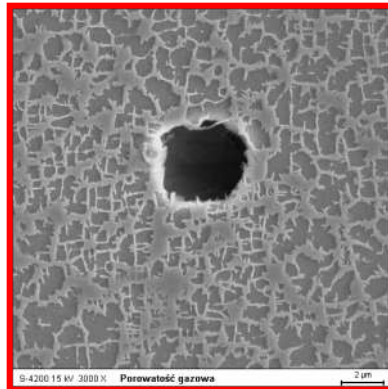
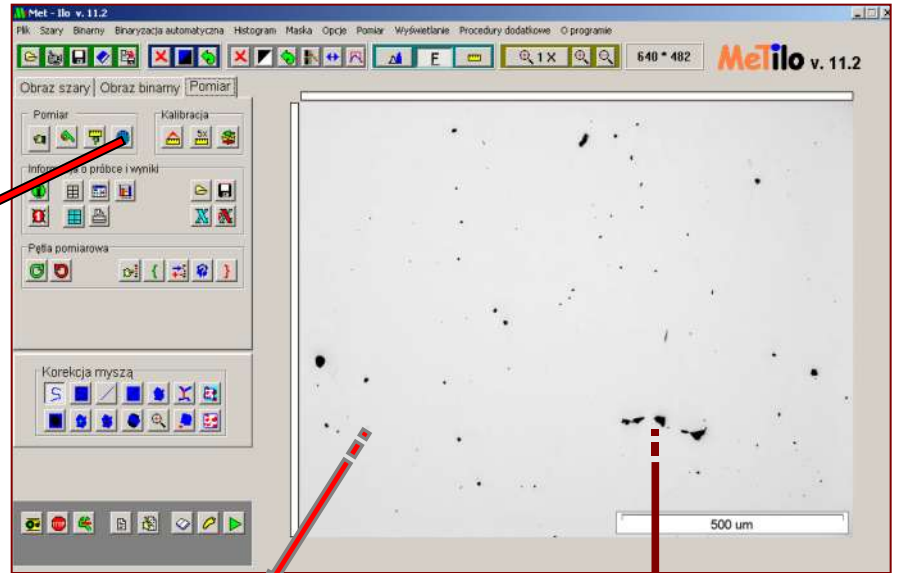
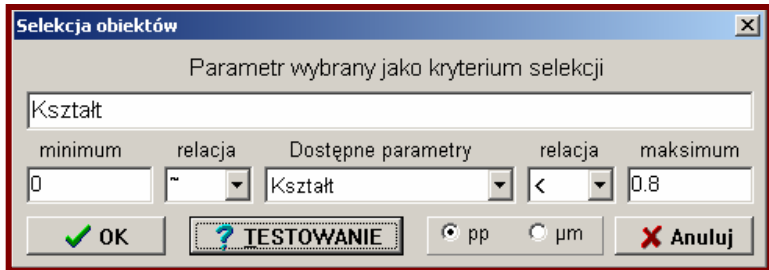


$$\zeta = 4\pi A/P^2 = 1 \text{ dla koła}$$

Pory gazowe $\zeta > 0.8$



Pory skurczowe $\zeta < 0.8$



12.7: Udoskonalenie elementów systemu zapewnienia jakości procesów wytwarzania oraz odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

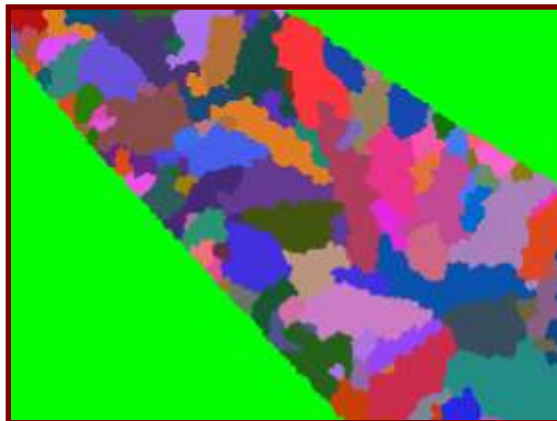
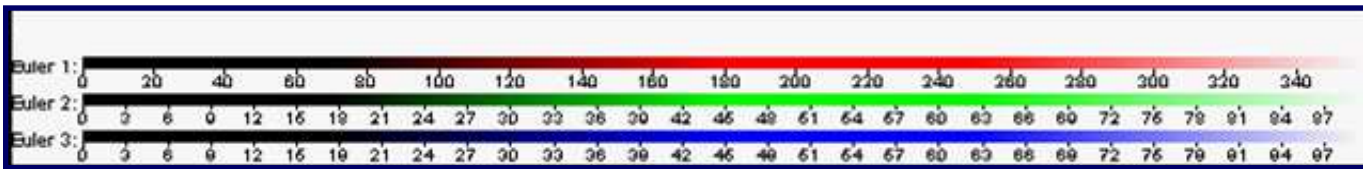
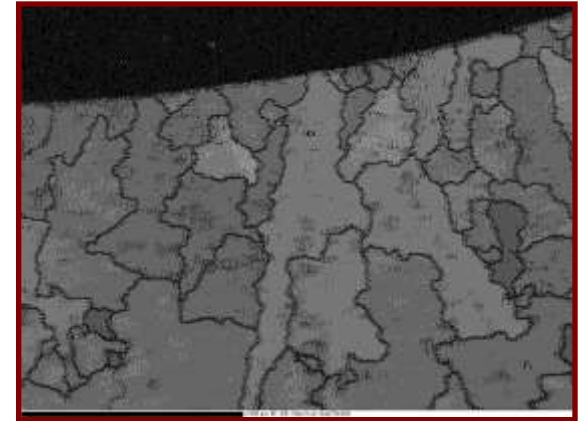
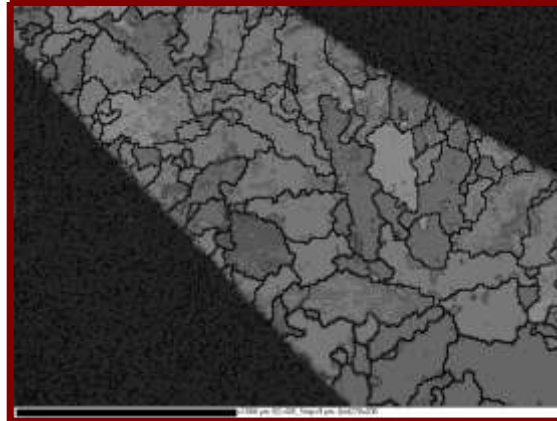
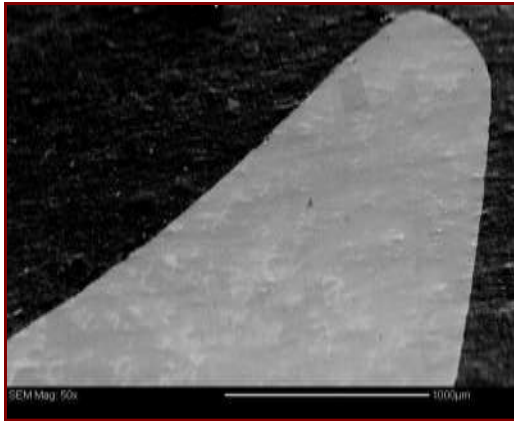
L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawcy podzadania
7.3	Opracowanie kompleksowych procedur oceny kształtu i wielkości ziaren pierwotnych w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 48	Politechnika Śląska

Zadania wykonane do 14.12.2009

- 1). Ustalono sposób przygotowania w Odlewni Precyzyjnej WSK „PZL Rzeszów” S.A. danych umożliwiających opracowanie cyfrowych modeli 3D odlewów, niezbędnych do opracowania wyników pomiarów ziaren pierwotnych, wykonywanych na powierzchniach niepłaskich odlewów.
- 2). Opracowano procedury przygotowania zglądów metalograficznych do oceny kształtu i wielkości ziaren pierwotnych w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu, w tym z zastosowaniem techniki EBSD.
- 3.) Udoskonalono metodykę ujawniania i oceny ziaren pierwotnych z zastosowaniem spektrometru EBSD

Podzadanie 7.3: Opracowanie kompleksowych procedur oceny kształtu i wielkości ziaren pierwotnych w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

Ujawnianie oraz ocena wielkości, kształtu i orientacji ziaren pierwotnych w łopatkę z nadstopu MAR M247 z zastosowaniem spektrometru EBSD



12.7: Udoskonalenie elementów systemu zapewnienia jakości procesów wytwarzania oraz odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

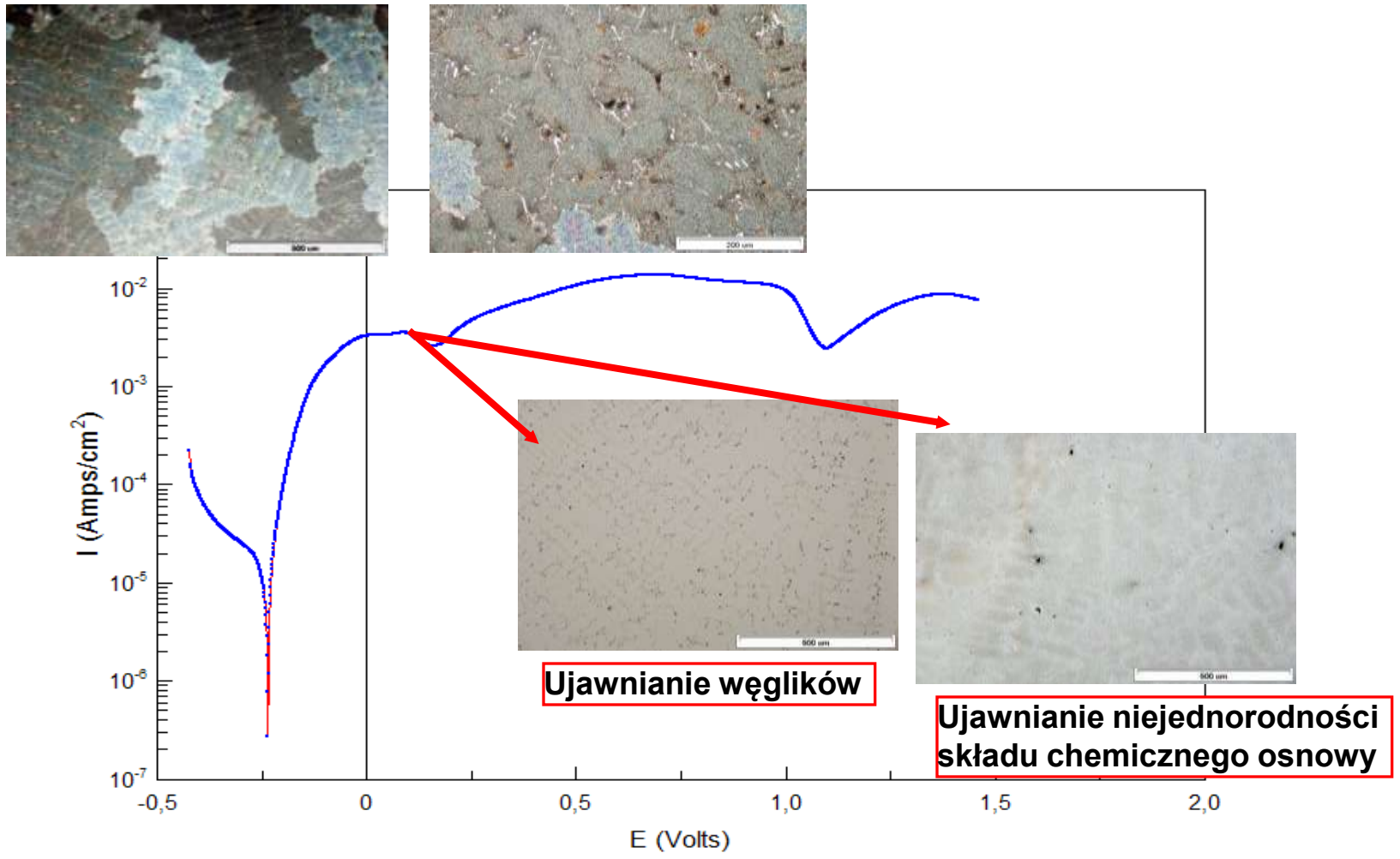
L.p. zadania	Nazwa podzadania badawczego	Planowany czas trwania	Wykonawcy podzadania
7.4	Opracowanie kompleksowych procedur jakościowej i ilościowej oceny mikrostruktury odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu	Od 1 do 60	Politechnika Śląska

Zadania wykonane do 14.12.2009

- 1). Przeprowadzono analizę danych literaturowych dotyczących składu fazowego i morfologii faz oraz metod ich ujawniania i identyfikacji w wybranych nadstopach niklu.
- 2). Ustalono sposób przygotowywania i opisu preparatów do jakościowej i ilościowej oceny mikrostruktury odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu w Odlewni Precyzyjnej WSK „PZL Rzeszów” S.A..
- 3). Opracowano procedury przygotowywania zglądów badań metalograficznych na mikroskopach świetlnych i elektronowych skaningowych stopów będących przedmiotem badań w projekcie.
- 4). Przeprowadzono analizę metod ujawniania i identyfikacji faz w nadstopach niklu wybranych do badań w projekcie.
- 5). Udoskonalono metodykę trawienia nadstopów niklu z zastosowaniem potencjostatu

Podzadanie 7.4: Opracowanie kompleksowych procedur jakościowej i ilościowej oceny mikrostruktury odlewów precyzyjnych części silników lotniczych z nadstopów niklu

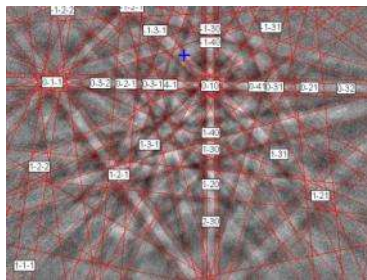
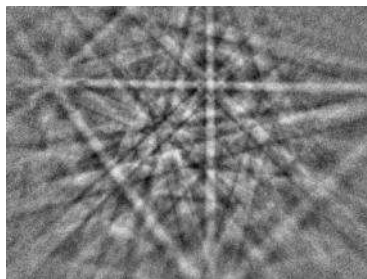
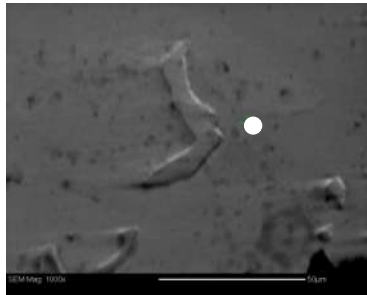
Ujawnianie ziarn pierwotnych i węglików



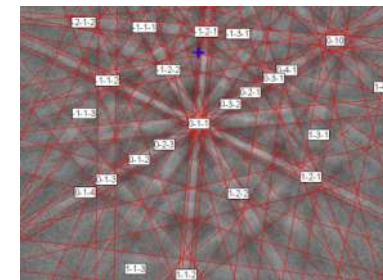
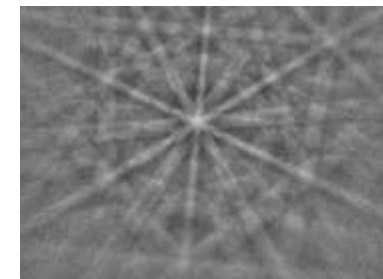
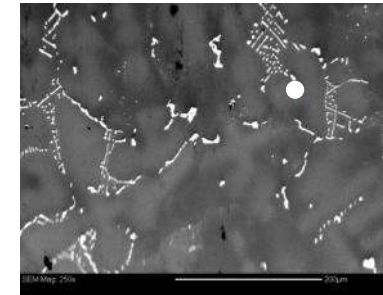
Krzywa polaryzacji potencjodynamicznej MAR M247, 10% HCl w etanolu

Podzadanie 7.4: Opracowanie kompleksowych procedur jakościowej i ilościowej oceny mikrostruktury odlewów precyzyjnych części silników lotniczych z nadstopów niklu

faza γ





faza γ'



Indexing Report

User: [Unknown]
Sample: [Unknown]

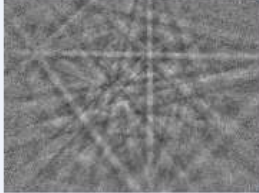


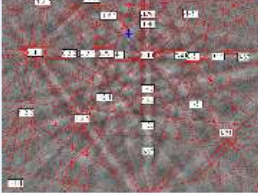


500x

Composition:

Ni





BC = 137, BS = 92 MAD = 0.282°, Orientation = (15.2, 31.6, 75.8)°, Spec. plane ~ (-3-5-)

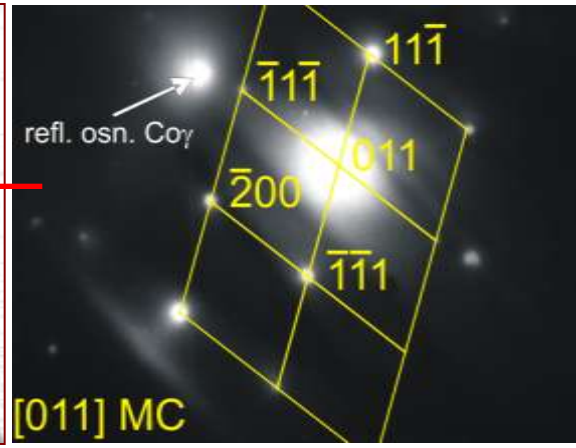
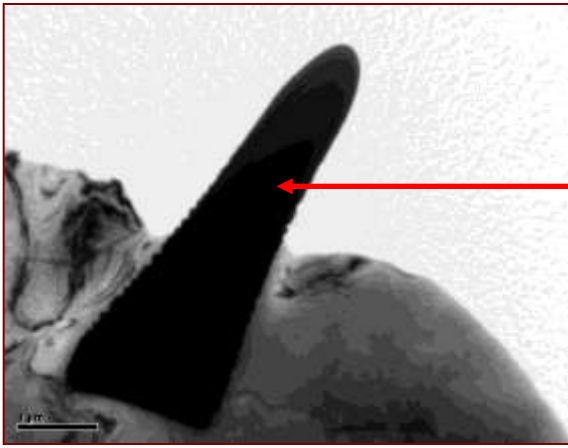
Phase:

Name:	Ni-superalloy
Data source:	Generic superalloy
Database name:	HKL phases
Laue and space group no.:	11, m3m; 225
Unit cell lengths:	3.57, 3.57, 3.57 Å
Unit cell angles:	90.0, 90.0, 90.0 °
Composition:	Ni(100 at%)

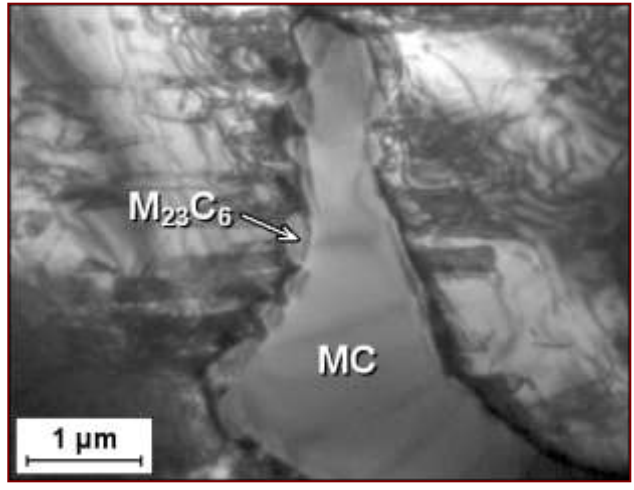
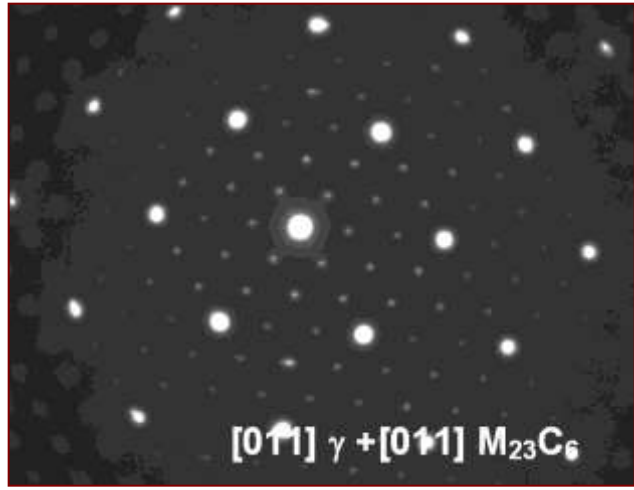
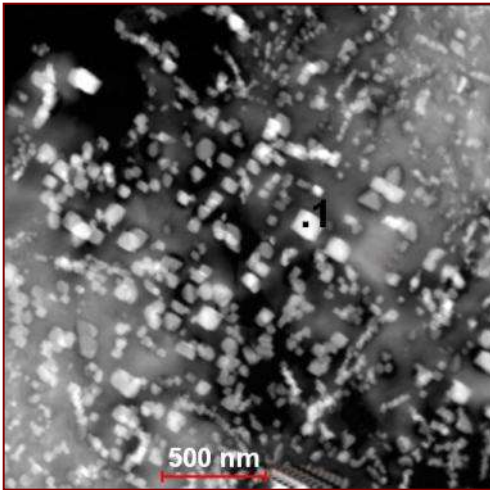
5/8/2009 - 10:55:21 AM

Identyfikacja faz w łopatkę z nadstopu MAR M247
z zastosowaniem spektrometru EBSD

Podzadanie 7.5: Opracowanie procedur jakościowej i ilościowej oceny substruktury odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu z zastosowaniem metod mikroskopii elektronicznej transmisyjnej



Mikrostruktura zarejestrowana za pomocą TEM i dyfrakcja elektroniczna otrzymana z węgla (miejsce oznaczone strzałką) zidentyfikowanego jako węgiel MC (oś pasa [011])



Mikrostruktura oraz elektronogram z osnowy i wtórnych wydzielen węgla $M_{23}C_6$

Wydzielenia wtórnego węgla $M_{23}C_6$ na pierwotnym węglu MC



Politechnika Rzeszowska – 6 (1)

1. Prof. dr hab. inż. Jan Sieniawski, *Katedra Materiałoznawstwa*;
2. Prof. nzw. dr hab. inż. Krzysztof Kubiak, *Katedra Materiałoznawstwa*;
3. Dr inż. Andrzej Nowotnik, *Katedra Materiałoznawstwa*;
4. Dr inż. Małgorzata Wierzińska, *Katedra Materiałoznawstwa*;
5. Mgr inż. Stanisław Bąk, *Katedra Materiałoznawstwa*;
6. Mgr inż. Rafał Cygan, *Katedra Materiałoznawstwa*; .

Politechnika Śląska – 16 (5)

1. Prof. dr hab. inż. Binczyk Franciszek, *Katedra Technologii Materiałów*
2. Prof. dr hab. inż. Cwajna Jan, *Katedra Nauki o Materiałach*
3. Prof. dr hab. inż. Hetmańczyk Marek, *Katedra Nauki o Materiałach*
4. Dr hab. inż. Szala Janusz prof. PŚI., *Katedra Nauki o Materiałach*
5. Dr hab. inż. Janusz Richter, *Katedra Nauki o Materiałach*
6. Dr hab. inż. Maria Sozańska, *Katedra Nauki o Materiałach*
7. Dr inż. Adamiec Janusz, *Katedra Nauki o Materiałach*
8. Dr inż. Moskal Grzegorz, *Katedra Nauki o Materiałach*
9. Dr inż. Kinga Rodak, *Katedra Nauki o Materiałach*
10. Dr inż. Roskosz Stanisław, *Katedra Nauki o Materiałach*
11. Dr inż. Szczotok Agnieszka, *Katedra Nauki o Materiałach*
12. Mgr inż. Staszewski Marek, *Katedra Nauki o Materiałach*
13. Mgr inż. Bartosz Chmiela, *Katedra Nauki o Materiałach*
14. Mgr inż. Tomasz Kukielka, *Katedra Nauki o Materiałach*
15. Mgr Iwona Burska, *Katedra Nauki o Materiałach*
16. Gąska Teresa, *Katedra Nauki o Materiałach*



Politechnika Warszawska – 10 (2)

1. Prof. dr hab. inż. Krzysztof Jan Kurzydłowski, *Wydział Inżynierii Materiałowej;*
2. Dr hab. inż. Halina Garbacz, *Wydział Inżynierii Materiałowej;*
3. Dr inż. Krzysztof Roźniatowski, *Wydział Inżynierii Materiałowej;*
4. Mgr inż. Julia Ferenc, *Wydział Inżynierii Materiałowej;*
5. Mgr inż. Romuald Dobosz, *Wydział Inżynierii Materiałowej;*
6. Prof. dr hab. inż. Mikołaj Szafran, *Wydział Chemii PW;*
7. Dr hab. inż. Wojciech Fabianowski, *Wydział Chemii PW;*
8. Dr inż. Hubert Matysiak, *Uczelniane Centrum Badawcze PW;*
9. Dr inż. Jakub Michalski *Uczelniane Centrum Badawcze PW.*

	Wskaźnik projektu	Jedn.	2009 (2013)
1	Liczba instytucji (jednostek naukowych) objętych wsparciem	szt.	3, 3 , (3) *
2	Liczba pracowników naukowych zaangażowanych w realizację projektu (w tym kobiety)	osoby	35 (10) , 32 (8)
3	Liczba studentów zaangażowanych w realizację projektu Liczba wykonanych prac dyplomowych (zgłoszonych)	osoby	2, 4, 10, 1+2, (7)
4	Liczba doktorantów zaangażowanych w realizację projektu (w tym kobiety)	osoby	2, 7 (3), 2,
5	Liczba nowych miejsc pracy (EPC) związanych z działalnością B+R powstałych w trakcie realizacji projektu (w tym kobiety)	szt.	0, 0, 7(3)
6	Liczba przedsiębiorstw współpracujących z jednostką naukową w trakcie realizacji projektu	szt.	1, 1, (1)
7	Liczba aparatury naukowo-badawczej zakupionej w związku ze realizowanym projektem	szt.	1, 0, (1)
8	Liczba publikacji powstałych w efekcie realizacji projektu	szt.	1, (10) + 11 referatów 5 prac na 2010

*** / X – wg planu na rok 2009**
X - wykonanie
X – wartość docelowa

Nie wydatkowano środków na zakup materiałów i surowców oraz usługi obce