

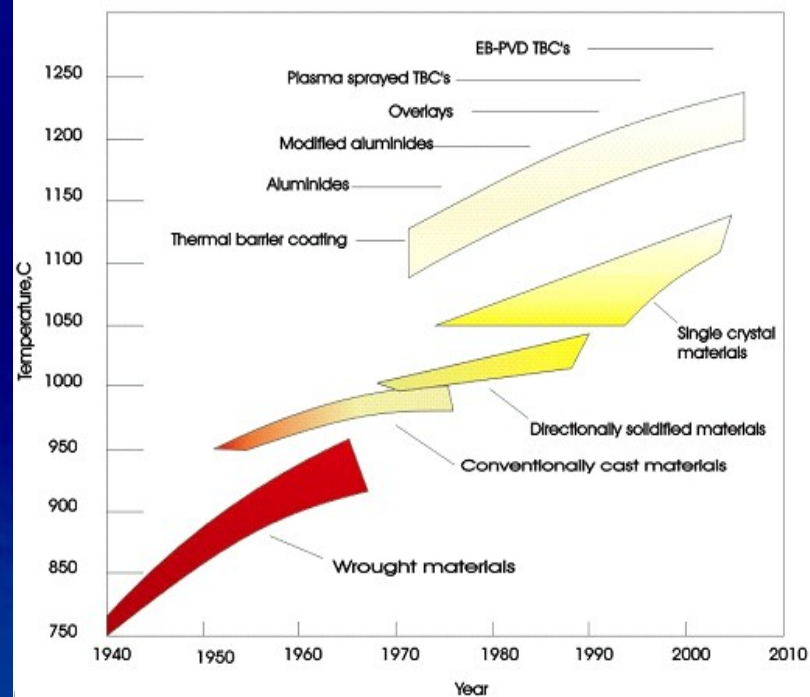
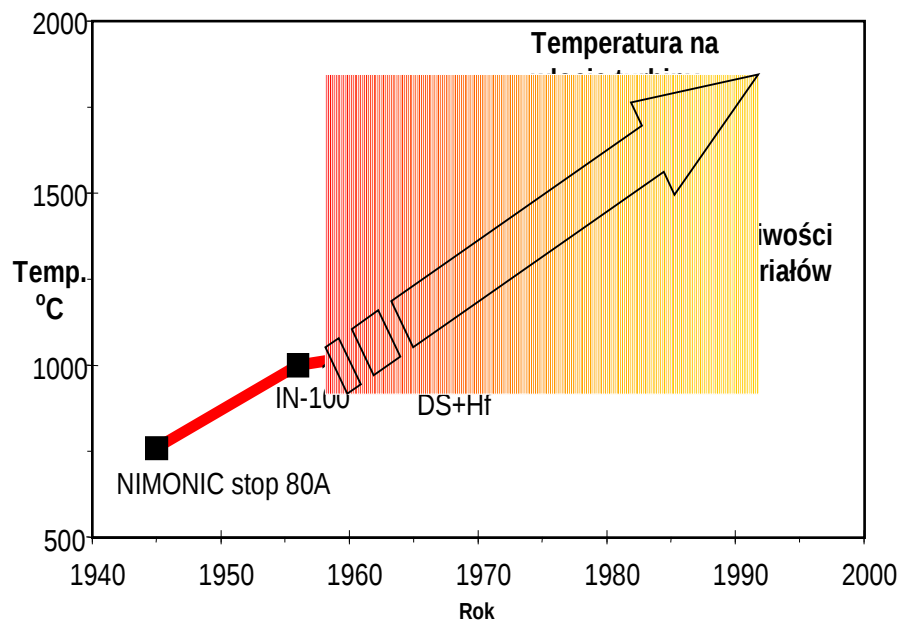
Projekt kluczowy

Nowoczesne technologie materiałowe
stosowane w przemyśle lotniczym

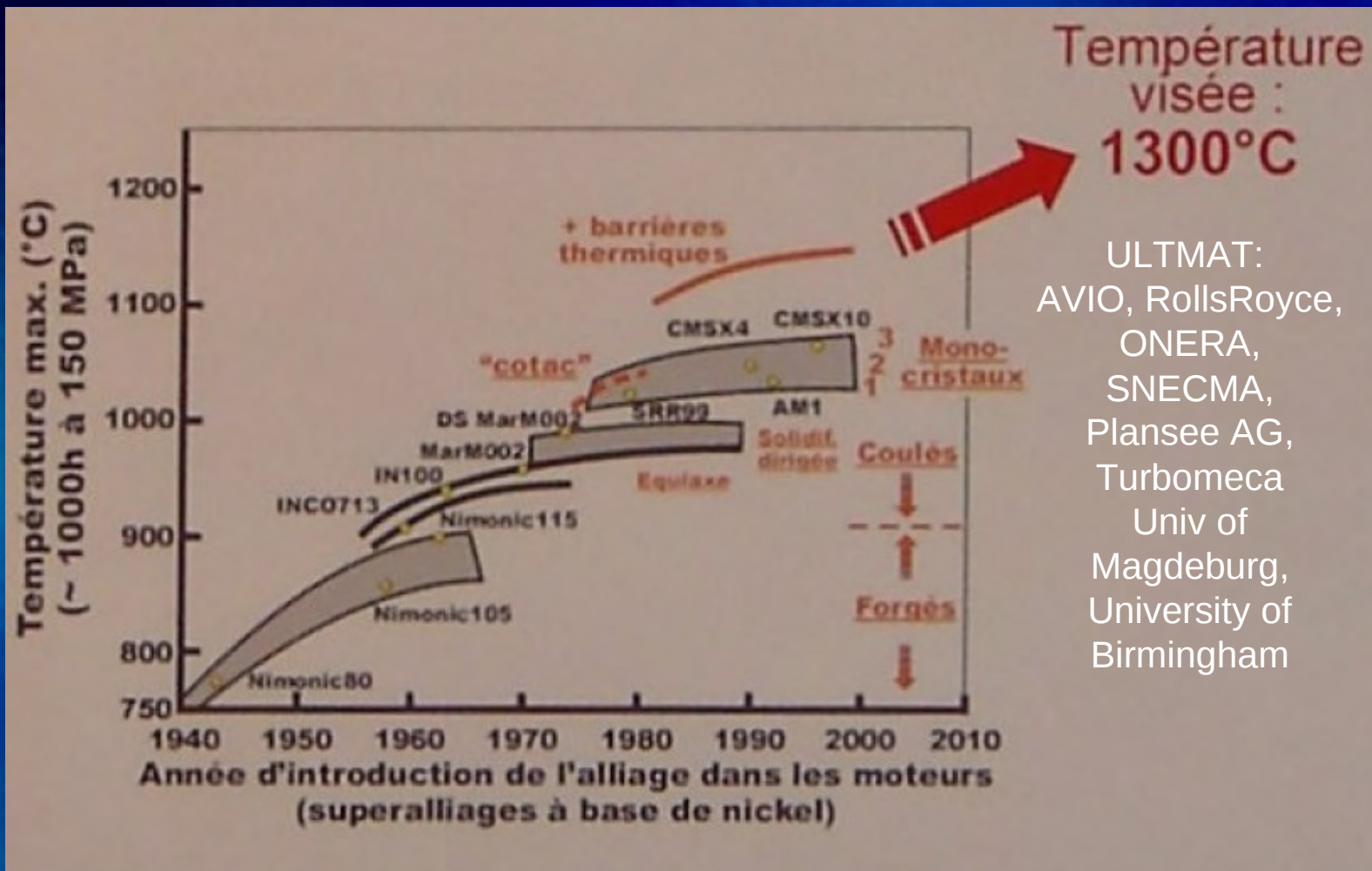
Segment nr 10

Nowoczesne pokrycia barierowe na
krytyczne elementy silnika lotniczego

Uzasadnienie podjęcia zagadnienia zwiększenia trwałości krytycznych elementów silnika lotniczego



Uzasadnienie podjęcia zagadnienia zwiększenia trwałości krytycznych elementów silnika lotniczego



POWŁOKOWE BARIERY CIEPLNE TBCs

METODA NATRYSKIWANIA CIEPLNEGO

TBCs jest skrótem pojęcia Thermal Barrier Coatings oznacza powłoki, które dzięki niskiej przewodności cieplnej stanowią barierę oddzielającą powierzchnię elementów od strumienia gorących gazów.

Materiał	Pokrycie	Funkcja
$ZrO_2 + (6-8\%)Y_2O_3$	TBC	Izolacja cieplna
Al_2O_3	TGO	Warstwa tlenków ochronnych
MCrAlY (20%Cr-12%Al) lub aluminidki	Międzywarstwa	Ochrona przed utlenianiem Poprawa przyczepności
Nafdstop na bazie Ni (8%Cr-5%Al)	Podłoże	Przenoszenie obciążeń cieplno mechanicznych

Materiały oraz struktura powłokowej bariery cieplnej

Pzad. 1 Modelowanie fizyczne powłokowej bariery cieplnej z uwzględnieniem właściwości materiału i warunków pracy, POLITECHNIKA LUBELSKA

Cel:

Uzyskanie modelu fizycznego opisującego zachowanie się powłokowej bariery cieplnej w zależności od rodzaju materiału oraz warunków jego eksploatacji

Cel naukowy:

Analiza procesów degradacji powłokowych barier cieplnych w warunkach eksploatacji przy uwzględnieniu czynników materiałowych i zewnętrznych

Pzad. 2. Opracowanie podstaw technologii wytwarzania modyfikowanych powłok aluminiowych oraz powłok krzemkowych metodami gazowymi w tym, stanowiących międzywarstwy pod powłoki TBC otrzymywane metodą EB-PVD na łopatkach kierujących turbiny, POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Cel : Zwiększenie trwałości łopatek kierujących silnika lotniczego (AKTS)

Opracowanie podstaw technologii wytwarzania powłok ochronnych odpornych na wysokotemperaturową korozję oraz powłokowych barier cieplnych (TBC) na łopatkach kierujących silnika lotniczego oraz innych elementach silnika z uwzględnieniem zamiany materiału łopatek.

Cel naukowy:

Wyjaśnienie mechanizmów oddziaływania pierwiastków szlachetnych na strukturę skład fazowy wybrane właściwości powłok,

Analiza zjawisk fizycznych i chemicznych w procesach otrzymywania powłok na materiałach żarowytrzymałych.

Próba wyjaśnienia mechanizmów oddziaływania międzywarstwy z ceramiczną barierą cieplną TBC w wysokiej temperaturze,

Pzad. 2. cd.

Sposób osiągnięcia celu:

- zastosowanie modyfikowanych powłok wysokiej żaroodporności poprzez ich modyfikację pierwiastkami z grupy platynowców oraz pierwiastków reaktywnych.
- zastosowanie barier cieplnych metody EB-PVD do nanoszenia powłok ceramicznych,
- wykorzystanie aparatury do gazowego nanoszenia powłok żaroodpornych oraz metod galwanicznych do ich modyfikacji

Pzad. 3 Opracowanie podstaw technologii oraz parametrów technologii wytwarzania nowych modyfikowanych powłok aluminiowych metodą CVD w tym międzywarstw stanowiących alternatywę dla międzywarstw typu MeCrAlY pod powłokowe bariery cieplne, POLITECHNIKA RZESZOWSKA

Cel : Zwiększenie trwałości łopatek wirujących (roboczych) silnika lotniczego wykonanych ze stopów monokrystalicznych oraz z wewnętrznymi kanałami chłodzącymi.

Opracowanie podstaw technologii wytwarzania powłok ochronnych odpornych na wysokotemperaturową korozję metodą CVD z wykorzystaniem aparatury IonBond.

Cel naukowy:

Wyjaśnienie zjawisk fizycznych i chemicznych zachodzących w procesie jednoczesnego osadzania aluminiowych i pierwiastka modyfikującego.

Wyjaśnienie mechanizmów oddziaływania pierwiastków reaktywnych na strukturę skład fazowy wybrane właściwości powłok aluminiowych wytwarzanych metodą CVD.

Pzad. 3 cd.

Sposób osiągnięcia celu:

- wykorzystanie nowoczesnej aparatury CVD do wytwarzania powłok aluminiokowych,
- wykorzystanie stopów krystalizowanych kierunkowo oraz monokrystalicznych do badań, wytworzonych w ramach realizacji innych segmentów,
- uruchomienie w aparaturze CVD wysokotemperaturowego generatora oraz programu do osadzania pierwiastków reaktywnych m.in. hafnu.

Pzad. 4. Badania właściwości fizycznych nowych materiałów ceramicznych oraz powłok TBC zawierających te materiały m.in. $\text{Re}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ o strukturze pyrochlore modyfikowanych pierwiastkami ziem rzadkich (La, Gd, Nd, Sm, Eu) mniejszym przewodnictwem cieplnym niż obecnie stosowane materiały na bazie tlenku cyrkonu, POLITECHNIKA ŚLĄSKA.

Cel: Opracowanie danych porównawczych właściwości fizycznych materiałów stosowanych obecnie ($\text{ZrO}_2\text{xY}_2\text{O}_3$) na powłokowe bariery cieplne z nowymi materiałami ceramicznymi modyfikowanymi pierwiastkami ziem rzadkich. Dobór materiałów powłokowych. Opracowanie danych dotyczących właściwości fizycznych powłokowych barier cieplnych wytworzonych z nowych materiałów ceramicznych modyfikowanych pierwiastkami ziem rzadkich.

Cel naukowy: Wyjaśnienie mechanizmu oddziaływania pierwiastków ziem rzadkich na właściwości fizyczne powłokowych barier cieplnych m.in. przyczepność, odporność na przenoszenie zmiennych obciążeń cieplnych, oraz oddziaływanie pomiędzy warstwą ceramiczną a wybranymi typami międzywarstw w tym dyfuzyjnych wytwarzanych metodami gazowymi.

Pzad. 4 cd.

Sposób osiągnięcia celu:

- wykorzystanie nowoczesnej aparatury do badań właściwości fizycznych materiałów ceramicznych w różnej postaci (proszku, powłok),
- wykorzystanie aparatury do nanoszenia powłok różnymi metodami,
- wykorzystanie aparatury do nanoszenia międzywarstw metodami gazowymi i natryskiwania cieplnego.

Pzad. 5 Opracowanie podstaw technologii uwzględniającej kryteria poprawy odporności na korozję wysokotemperaturową oraz zużycie przez tarcie warstwy wierzchniej w, elementów wykonanych ze stopów niklu o zawartości ok. 18%Cr, temperaturze ok. 700°C, POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Cel:

Poprawa żaroodporności i odporności na zużycie przez tarcie elementów wykonanych ze stopów niklu.

Cel naukowy:

- Analiza mechanizmów tworzenia się warstwy nanoszonej metodą PA CVD,
- Określenie mechanizmów korozji wysokotemperaturowej wytworzonych warstw,
- Opis procesu zużycia w warunkach tarcia dla wytworzonych warstw oraz materiału podłoża.

Pzad. 5 cd

Sposób osiągnięcia celu:

- Wykorzystanie nowoczesnej aparatury do wytwarzania powłok na stopach niklu
- Wykorzystanie zaawansowanych metod badawczych dla określenia struktury i właściwości wytworzonych warstw

Pzad. 6 Opracowanie parametrów technologicznych procesu wytwarzania powłok TBC metodą natryskiwania cieplnego z zastosowaniem nowoczesnej aparatury TRIPLEX oraz nowych materiałów ceramicznych, POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Cel:

Opracowanie podstaw technologii wytwarzania powłokowych barier cieplnych TBC na wybranych stopach oraz elementach turbin gazowych z wykorzystaniem nowych powłokowych materiałów ceramicznych modyfikowanych pierwiastkami ziem rzadkich.

Cel naukowy:

- wyjaśnienie mechanizmu powstawania powłoki ceramicznej z wykorzystaniem systemu TRIPLEX
- wyjaśnienie wpływu parametrów natryskiwania na zjawiska zachodzące na granicy międzywarstwa – powłoka ceramiczna,
- wyjaśnienie mechanizmu oddziaływania pierwiastków ziem rzadkich w powłoce ceramicznej na jej strukturę i wybrane właściwości fizyczne (przyczepność, pękanie, radioaktywność).

Pzad. 6. cd.

Sposób osiągnięcia celu:

- zastosowanie nowego w skali światowej systemu natryskiwania ciepłego TRIPLEX – zainstalowany w WSK-PZL Rzeszów,
- zastosowanie nowych materiałów na międzywarstwy oraz materiałów ceramicznych i niższej niż YPSZ przewodnictwie cieplnym.

Pzad. 7. Badania właściwości fizycznych modyfikowanych powłok aluminiowych metodą CVD, POLITECHNIKA RZESZOWSKA

Cel:

Określenie wpływu powłok aluminiowych wytwarzanych metodą CVD na stopach żarowytrzymałych na właściwości fizyczne - wytrzymałość na pełzanie, przewodnictwo cieplne.

Cel naukowy: Opis mechanizmów niszczenia powłok w testach badań właściwości fizycznych – pełzania, zmęczenia.

Sposób osiągnięcia celu

- wykorzystanie możliwości badawczych Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego,
- wykorzystanie możliwości badawczych Laboratorium Powłok i Obróbki Ciepłej.

Pzad. 8 Badania degradacji powłok w warunkach cyklicznego utleniania w środowisku gazów spalinowych (burner rig). Badania nieniszczące powłok, POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Cel:

Określenie wpływu struktury, grubości składu chemicznego oraz parametrów obróbki cieplnej powłok dyfuzyjnych aluminiowych oraz krzemkowych na stopach żarowytrzymałych i wysokotopliwych na ich właściwości użytkowe,

Cel naukowy:

- wyjaśnienie mechanizmów degradacji międzywarstw dyfuzyjnych oraz powłokowych barier cieplnych w warunkach testów cyklicznego i statycznego utleniania,
- wyjaśnienie mechanizmów degradacji powłok dyfuzyjnych, międzywarstw oraz powłokowych barier cieplnych w testach korozji w gazach spalinowych.

Sposób osiągnięcia celu:

- zastosowanie aparatury do cyklicznego utleniania,
- zastosowanie aparatury (burner rig) do badań korozji w gazach spalinowych,
- zastosowanie metod grawimetrycznych oraz niszczących w ocenie wyników badań.

Pzad. 9. Opracowanie podstaw technologii wytwarzania dyfuzyjnych warstw powierzchniowych zwiększających odporność stopów tytanu na korozję wysokotemperaturową w temperaturze ok. 750°C,
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Cel:

- Wykonanie dyfuzyjnych warstw na stopach tytanu np. Ti-6Al-4V
- Uzyskanie zwiększenia odporności na korozję wysokotemperaturową stopów tytanu

Cel naukowy:

- Opis zjawisk dyfuzyjnego narastania warstwy
- Opis mechanizmu korozji wysokotemperaturowej stopów tytanu
- Analiza zjawisk towarzyszących korozji dyfuzyjnych warstw powstających na stopach tytanu

-

Pzad. 9. cd.

Sposób osiągnięcia celu:

- Wykorzystanie nowoczesnego urządzenia do nakładania powłok metodą CVD
- Zastosowanie nowoczesnych metod badania struktury i właściwości wytworzonych warstw

Pzad. 10. Wykonanie powłokowych barier cieplnych z wykorzystaniem metody gazowego aluminowania pod obniżonym ciśnieniem oraz metodą EB-PVD na łopatkach kierujących turbiny. Badania nieniszczące powłok, POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Cel:

Wykonanie modyfikowanych międzywarstw aluminidkowych metodą gazową o zróżnicowanej strukturze i składzie chemicznym. Przeprowadzenie prób wytwarzania powłok ceramicznych na łopatkach kierujących turbiny (np. AKTS) metodą EB-PVD

Cel naukowy:

- opis zjawisk fizycznych na granicy międzywarstwa podłoże podczas nanoszenia powłoki,
- próba opisu mechanizmu wzrostu powłoki ceramicznej w procesie EB-PVD,
- opis cech struktury oraz składu fazowego i chemicznego międzywarstw oraz powłok ceramicznych wytworzonych metodami dyfuzyjnymi oraz CVD.

Pzad. 10. cd.

Sposób osiągnięcia celu:

- zastosowanie aparatury do wytwarzania międzywarstw metodą gazową oraz CVD,
- kontynuacja współpracy z wiodącą w Europie jednostką w technologii EB-PVD,
- wykorzystanie możliwości badawczych Laboratorium Powłok w Politechnice Śląskiej oraz Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego w Politechnice Rzeszowskiej.

Pzad. 11. Wytworzenie modyfikowanych powłok aluminiowych na łopatkach silnika lotniczego metodą CVD oraz ich przygotowanie do próby stanowiskowej silnika, POLITECHNIKA RZESZOWSKA

Cel:

Opracowanie i wykonanie konstrukcji oprzyrządowania do realizacji procesu wytwarzania powłok na powierzchni łopatek z kanałami chłodzącymi.

Wykonanie powłok aluminiowych metodą CVD o zróżnicowanej strukturze i składzie chemicznym na serii łopatek.

Cel naukowy:

- próba opisu zjawisk fizycznych i chemicznych w procesie modyfikacji powłok aluminiowych pierwiastkami reaktywnymi metodą CVD,
- określenie oraz wyjaśnienie zróżnicowania w strukturze i grubości powłok na powierzchni zewnętrznej łopatek oraz wewnątrz kanałów chłodzących,
- opis cech struktury oraz składu fazowego i chemicznego międzywarstw oraz powłok ceramicznych wytworzonych metodą CVD,

Pzad. 11. cd.

Sposób osiągnięcia celu:

- wykorzystanie aparatury do wytwarzania międzywarstw metodą CVD,
- wykorzystanie możliwości badawczych Laboratorium Powłok w Politechnice Śląskiej oraz Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego w Politechnice Rzeszowskiej,

Pzad. 12. Opracowanie wytycznych konstrukcyjnych modyfikacji urządzenia do realizacji procesu azotowania jarzeniowego i metody PA MOCVD w aspekcie rozszerzenia możliwości technologicznych aparatury CVD m.in. dla realizacji technologii powłok hybrydowych, POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Cel:

- Opracowanie założeń konstrukcyjnych modyfikacji urządzenia CVD
- Umożliwienie obniżenia temperatury realizacji procesu CVD przy wytwarzaniu powłok na żarowytrzymałych stopach niklu

Cel naukowy:

Analiza procesów wytwarzania powłok metodą PA CVD na żarowytrzymałych stopach niklu

Pzad. 13. Wykonanie elementów silnika z nowymi powłokami dyfuzyjnymi oraz powłokowymi barierami cieplnymi. Przygotowanie elementów do prób silnikowych,
POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Cel: Analiza konstrukcji elementów w aspekcie wytwarzania powłok dyfuzyjnych i barierowych. Wykonanie prototypowych elementów silnika lotniczego z powłokami dyfuzyjnymi oraz powłokowymi barierami cieplnymi do prób stoiskowych.

Cel naukowy:

- opis cech struktury oraz składu fazowego i chemicznego międzywarstw oraz powłok ceramicznych wytworzonych metodami dyfuzyjnymi oraz CVD,
- wpływ powłok na zmianę kształtu i wymiarów łopatek. Nieniszczące badania zmian.

Sposób osiągnięcia celu:

- zastosowanie aparatury do wytwarzania międzywarstw metodą gazową (VPA) oraz CVD,
- kontynuacja współpracy z wiodącą w Europie jednostką w technologii EB-PVD, CCC,
- wykorzystanie możliwości badawczych Laboratorium Powłok w Politechnice Śląskiej oraz Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego w Politechnice Rzeszowskiej.

Pzad. 14. Weryfikacja oraz opracowanie wyników badań i prób.

Politechnika Rzeszowska,
Politechnika Śląska,
Politechnika Warszawska,
Politechnika Lubelska.

Wynik projektu:

Podstawy nowoczesnych technologii otrzymywania powłokowych barier cieplnych na krytycznych elementach silnika lotniczego