

# **Indywidualny projekt kluczowy**

## **Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemysle lotniczym**

### **ZB 9. Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały typu GLARE)**

*Lider merytoryczny zadania: dr hab. Barbara Surowska*

---



# Partnerzy wiodący w ZB 9

- **Politechnika Lubelska** – laminaty FML, kompozyty inteligentne
- **Politechnika Rzeszowska** – kompozyty ceramika porowata – metal, kompozyty ceramiczno-polimerowe (z ZB 6)
- **Politechnika Śląska** – kompozyty metalowo-ceramiczne
- **IPPT PAN i PL** – partnerzy z ZB 14 – kompozyty inteligentne

# Cele ZB 9. zapisane w projekcie

- Opracowanie nowych materiałów i technologii na elementy struktur lotniczych
- Wykorzystanie kompozytów metalowo-ceramicznych oraz ceramiczno-metalowych na elementy lotnicze
- Zastąpienie konstrukcji klasycznych laminatowymi
- Zastąpienie technologii „na mokro” technologią autoklawową
- Obróbka tworzyw zbrojonych włóknem
- Opracowanie technologii wytwarzania struktur z laminatów FML
- Opracowanie kompozytów aktywnych (z ZB 14.)

# Cele naukowo-poznawcze

- Opracowanie nowych materiałów i technologii na elementy struktur lotniczych – głównie łopaty wirnika głównego i pomocniczego oraz elementy kadłuba i wyposażenia śmigłowców, elementy konstrukcji i poszycia
- Wykorzystanie kompozytów metalowo-ceramicznych oraz ceramiczno-metalowych na elementy lotnicze – głównie na elementy silnika (tłoków)
- Opracowanie kompozytów aktywnych (z ZB 14.) – w elementach usterzenia, łopaty

# Cele aplikacyjne (innowacyjne technologie)

- Zastąpienie konstrukcji klasycznych laminatowymi – np. poszycie belki ogonowej, nakładka na płożę
- Zastąpienie technologii „na mokro” technologią autoklawową np. łopaty, elementy kadłuba
- Obróbka tworzyw zbrojonych włóknem i laminatów FML oraz technologie łączenia (z ZB 15)
- Opracowanie technologii wytwarzania struktur z laminatów FML
- Opracowanie technologii wytwarzania preform z kompozytów metal-ceramika i ceramika-metal

# Podzadania badawcze

1. Analiza zastosowania kompozytów w wybranych rozwiązaniach konstrukcji lotniczych:
  - Kompozytowe laminaty włókniste w śmigłowcach i lekkich samolotach (PL)
  - Laminaty kompozytowo-metalowe na elementy poszycia i inne fragmenty konstrukcji (PL, PRz)
  - Kompozyty metal-cząstki ceramiczne na elementy silników lotniczych (PŚ)
  - Struktury szkieletowe oraz szkieletowe kompozyty infiltrowane (PŚ, PRz)
  - Kompozyty ceramika porowata-metal na elementy silników lotniczych (PRz, PŚ)
- Okres realizacji: 2008 – maj 2009



# Podzadania badawcze c.d.

1. Projektowanie i modelowanie materiałów złożonych i struktur z zastosowaniem MES:
  - Wykorzystanie oprogramowania Abaqus (PL, PŚ)
  - Zakup stacji roboczej (PL)
  - Przewidywane materiały: kompozyty polimerowe (PL), laminaty FML (PL), kompozyty metalowe o podstawie stopów Al (PŚ), kompozyty: porowate ceramiki infiltrowane stopami lekkimi, kompozyty szkieletowe infiltrowane polimerami (PRz)
- Okres realizacji: 2009 – I poł. 2012

# Podzadania badawcze – c.d.

1. Wytwarzanie materiałów kompozytowych:
  - Laminaty polimerowe włókniste metodą autoklawową, w tym z elementami aktywnymi (dla ZB 14) – (PL): w 2009 r. w PZL Świdnik, zakup autoklawu lab. do PL w 2009 r.
  - Laminaty FML, w tym z elementami aktywnymi: prepregi z włóknem szklanym/węglowym/aramidowym, blacha ze stopu Al/Ti/Ni – (PL): 2010 r. – 2011 r.
  - Kompozyty metalowe MMC o osnowie stopów lekkich Al-Mg – (PŚ): 2009 – 2011 r.
  - Kompozyty ceramiczne  $Al_2O_3$  infiltrowane ciśnieniowo i bezciśnieniowo metalami lekkimi Al-Mg – (PRz): 2009 – 2011 r.
  - Kompozyty szkieletowe o szkielecie metalowym Al-Mg oraz Al-Si – (PŚ): 2009 – 2012 r.





# Podzadania badawcze c.d.

1. Badania strukturalne wytwarzanych materiałów doświadczalnych:
  - Mikrostruktura (SEM, TEM, AFM, porozymetria): PRz, PŚ, PL
  - Metody NDT (mikrotomografia, ultradźwięki i in.): PRz, PŚ, PL – zakup mikrotomografu komputerowego z oprogramowaniem 3D, defektoskopu ultradźwiękowego z głowicą sekwencyjną
  - Analiza fazowa (dyfrakcja rtg., SEM z SDD): PRz, PŚ
- Okres realizacji: 2009 – 2012 r.



# Podzadania badawcze c.d.

1. Badania właściwości fizycznych, chemicznych, mechanicznych i zmęczeniowych (PRz, PL, PŚ):
  - Gęstość, kąt zwilżania, przewodność cieplna i elektryczna, temperatura topnienia, mięknięcia itp.
  - Chropowatość, twardość, odporność na ścieranie itp. – zakup mikrotwardościomierza do PL (modernizacja bazy)
  - Wytrzymałość na rozciąganie, zginanie, ścinanie
  - Analiza pękania i delaminacji
  - Próby zmęczenia mechanicznego i cieplnego
  - Korozja elektrochemiczna: badania przyspieszone i w komorze środowiskowej – zakup stanowisk do PL (modernizacja bazy)
- Okres realizacji: 2009 -2013 r.



# Podzadania badawcze – c.d.

1. Opracowanie technologii wytwarzania materiałów i struktur kompozytowych:
  - Zalecenia do wytwarzania i obróbki mechanicznej laminatów FML
  - Zalecenia do wytwarzania kompozytów MMC
  - Zalecenia do wytwarzania kompozytów ceramiczno-metalowych
- Efekty: zgłoszenia patentowe
- Okres realizacji: 2012-2013 r.



# Podzadania badawcze – c.d.

1. Opracowanie kryteriów kwalifikacji jakościowej materiałów złożonych do celów lotniczych: 2013 r.
2. Wykonanie demonstratorów (wybranych modeli struktur), w tym z elementami aktywnymi przy współpracy z ZB 14.: 2011-2012 r.

# Zespoły wykonawców – Politechnika Lubelska

- Lider – dr hab. Barbara Surowska
- Członkowie zespołu:
  - Dr inż. Jarosław Bieniaś
  - Dr inż. Krzysztof Pałka
  - Dr inż. Hubert Dębski – MES
  - Mgr inż. Ryszard Doleba
  - Mgr inż. Marzena Żegleń



# Zespoły wykonawców

## Politechnika Rzeszowska:

- Dr inż. Marek Potoczek
- Dr hab. inż. Romana Śliwa
- Dr hab. G. Miszuris
- Dr Wiktoria Miszuris
- Dr G. Ryzińska
- Dr I. Nowotyńska
- Mgr R. Kluczowski



# Zespoły wykonawców

## Politechnika Śląska:

- Prof. dr hab. inż. Józef Śleziona
- Dr Jerzy Myalski
- Dr Maciej Dyzia
- Dr Jakub Wieczorek
- Dr Anna Dolata Grosz
- Prof. Jan Szajnar
- Prof. Mirosław Cholewa
- dr Marcin Kondracki
- dr Marcin Stawarz

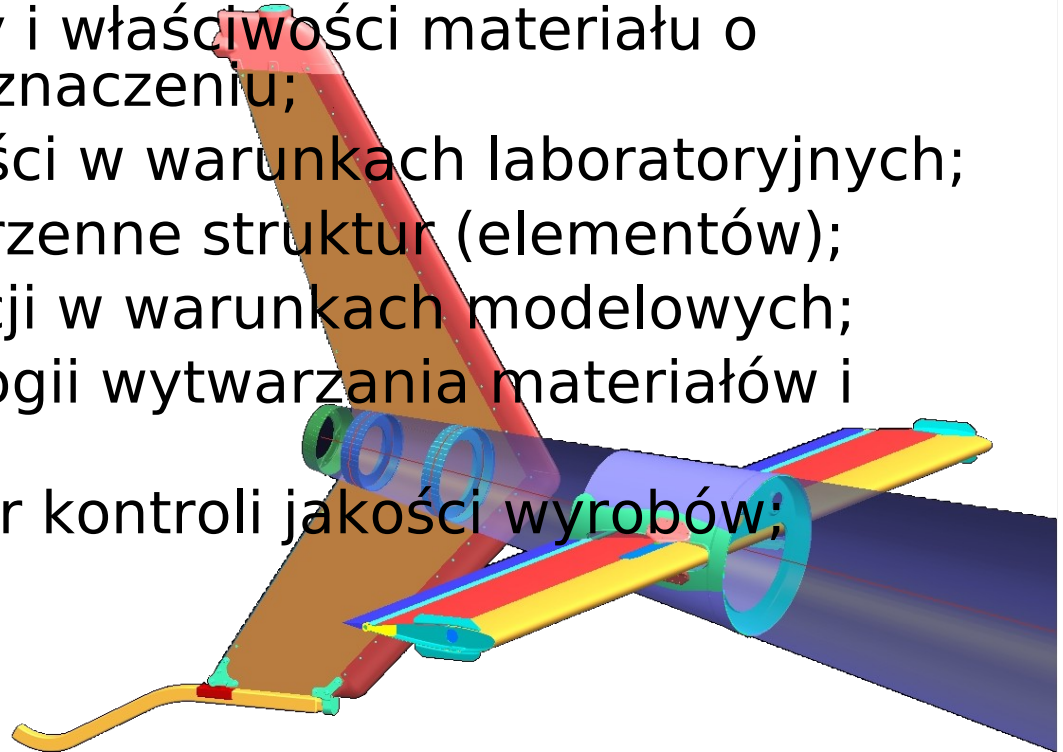
# Podzadania zespołu z PL

- Laminaty kompozytowe typu FML to nowa generacja materiałów hybrydowych
- Właściwości:
  - hamowanie i blokowanie rozwoju pęknięć przy cyklicznym obciążeniu,
  - bardzo dobra charakterystyka obciążenia i udarności
  - bardzo dobra odporność na korozję oraz ognioodporność
  - łatwe wytwarzanie struktur lotniczych i ich naprawa
  - możliwość łączenia różnych układów włókno/żywica, stosowania różnych gatunków stopów metali, różnych grubości blach, różnych sekwencji układania warstw laminatu, orientacji włókien, obróbki wstępnej powierzchni itp.



# Podzadania zespołu z PL

- opracowanie procedury projektowej kompozytu hybrydowego oraz typu smart;
- modelowanie budowy i właściwości materiału o sprecyzowanym przeznaczeniu;
- weryfikacja właściwości w warunkach laboratoryjnych;
- projektowanie przestrzenne struktur (elementów);
- weryfikacja konstrukcji w warunkach modelowych;
- opracowanie technologii wytwarzania materiałów i struktur;
- opracowanie procedur kontroli jakości wyrobów;





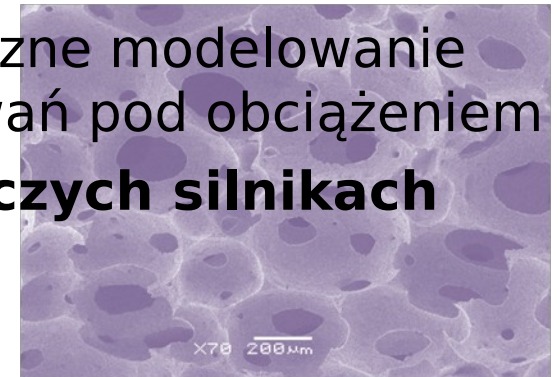
# Podzadania zespołu z PL - efekty

- dokonanie zastrzeżeń patentowych
- publikacje w czasopismach zagranicznych i krajowych oraz monografia, udział w konferencjach
- 1 habilitacja
- 2 doktoraty
- 4 prace magisterskie i kilka inżynierskich
- Uruchomienie laboratorium wytwarzania i badań kompozytów dla B+R
- Przygotowanie wniosków projektowych z partnerem przemysłowym



# Podzadania zespołu z PRz

- Poszukiwanie nowych rozwiązań technologicznych wytwarzania kompozytów ceramiczno – metalowych, w tym o wzajemnie przenikających się fazach oraz kompozytów szkieletowych infiltrowanych polimerami do zastosowań lotniczych.
- Opracowanie technologii wytwarzania porowatych kształtek korundowych metodą żelowanie spienionej zawiesiny ceramicznej jako preform do infiltracji metalem (Al-Mg)
- Wykonanie badań właściwości fizyko-mechanicznych
- Badania eksperymentalne oraz teoretyczne modelowanie materiałów kompozytowych, ich zachowań pod obciążeniem
- Zastosowanie: **tłoki/preformy w lotniczych silnikach**  
**tłokowych, ogniwa paliwowe**



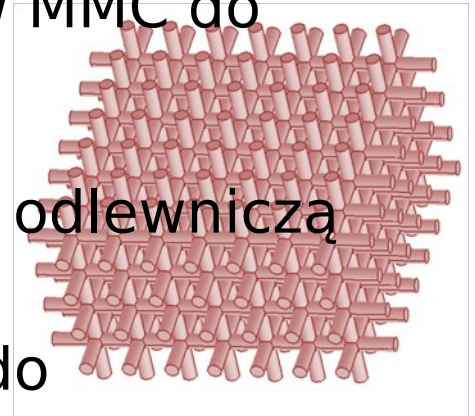
# Podzadania zespołu z PRz - efekty

- Dokonanie zastrzeżeń patentowych
- Publikacje w czasopismach zagranicznych i krajowych, udział w konferencjach
- 1 doktorat
- 2 prace magisterskie i kilka inżynierskich
- Przygotowanie wniosków projektowych z partnerem przemysłowym



# Podzadania zespołu z PŚ

- Projektowanie i modelowanie materiałów MMC do określonych zastosowań lotniczych
- Wykonanie materiałów doświadczalnych monolitycznych i szkieletowych techniką odlewniczą
- Wykonanie badań właściwości
- Opracowanie zaleceń technologicznych do wytwarzania i obróbki
- Opracowanie procedur kontroli jakości wyrobów
- Zastosowanie: **tłoki/preformy w lotniczych silnikach tłokowych, elementy absorbujące energię uderzenia**





# Podzadania zespołu z PŚ - efekty

- dokonanie zastrzeżeń patentowych
- publikacje w czasopismach zagranicznych i krajowych, udział w konferencjach
- 1 doktorat
- 2 prace magisterskie i kilka inżynierskich
- Przygotowanie wniosków projektowych z partnerem przemysłowym

# Podsumowanie ZB 9.

## Wskaźniki produktu

- L. instytucji – 5
- L. pracowników naukowych – 28
- L. studentów – 8
- L. doktorantów – 6
- L. msc. EPC – 1
- L. przedsiębiorstw – 2
- L. aparatury – 16

## Wskaźniki rezultatu

- L. wdrożeń niekomercyjnych – 1
- L. skomercjalizowanych wyników badań – 2
- L. msc. EPC – 1
- L. etatów – 3
- L. zgłoszeń patentowych – 10
- L. publikacji – 46
- L. hab. – 1
- L. dr – 4
- L. mgr – 8

Lider merytoryczny:

*dr hab. Barbara Surowska*

*Adres: ul. Nadbystrzycka 36, Lublin 20-618*

*Tel: (0-81) 538-12-09, Fax: (0-81) 525-08-08*

*E-mail: [b.surowska@pollub.pl](mailto:b.surowska@pollub.pl)*

---