

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

Liderzy merytoryczni:

*dr hab. Barbara Surowska*  
*dr hab. inż. Romana Śliwa*

Instytucje partnerskie:

*Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska,  
Politechnika Śląska, Instytut Lotnictwa, Instytut Techniczny  
Wojsk Lotniczych*

# 1. Główne wnioski z wykonanych zadań badawczych

ZB 9.1. Analiza zastosowania kompozytów w wybranych rozwiązaniach konstrukcji lotniczych

- a) Laminaty kompozytowo-metalowe na poszycia:
- Wszystkie gatunki GLARE opierają się na prepregach o jednokierunkowo rozmieszczonych włóknach szklanych typu S w polimerowej osnowie Cytec FM 94.
  - Nowe badane laminaty to CARAL (Carbon Reinforced Aluminum Laminates) oraz kombinacja tytanu i kompozytu włókno grafitowe/polimer (TiGr).
  - Wytwarzanie - technologia prepreg – autoklaw



# ZB 9.1. Analiza zastosowania kompozytów

## b) Kompozyty metal-cząstki ceramiczne na elementy silników:

- Kompozyty na osnowie aluminium zbrojone nanorurkami węglowymi.
- Wytwarzanie z zastosowaniem elementów metalurgii proszków, spiekania plazmowego i technologii wyciskania.
- Kompozyty otrzymywane metodami in-situ np. Ti-6Al-4V/TiB (zbrojenie whiskersami TiB) – wytwarzane metodą metalurgii proszków lub odlewania

# ZB 9.1. Analiza zastosowania kompozytów

## c) Stopowe i kompozytowe odlewy szkieletowe

- Odlewy szkieletowe z pod- i około- eutektycznych stopów Al-Si powinny mieć znaczenie badawcze i technicznie użyteczne.
- Istnieje potencjalna szansa zastępowania elementów nośnych odlewami szkieletowymi

## d) Kompozyty ceramika porowata-metal

- Tłumiki dźwięków w silnikach lotniczych
- Pianki ceramiczne jako bariery cieplne w lotnictwie
- Bariery przeciwuderzeniowe do statków kosmicznych i satelitów

# ZB 9.1. Analiza zastosowania kompozytów

## e) Stałotlenkowe ogniwa paliwowe na podłożu anodowym

- Ogniwa typu SOFC i PEMFC stosowane jako pomocnicze źródła zasilania (APU) w dużych samolotach pasażerskich i transportowych oraz główne źródła zasilania w małych samolotach załogowych i w samolotach bezzałogowych.
- Poprawy wymagają właściwości elektryczne przegród w ogniwach.

# ZB 9.2. Projektowanie i modelowanie materiałów złożonych

- Laminaty włókniste
  - analiza numeryczna struktury kompozytowej w warunkach złożonego stanu obciążenia – ocena stopnia wyętwienia laminatu: kryterium maksymalnych naprężeń, Tsai-Hill'a, Tsai-Wu, Azzi-Tsai-Hill'a
  - opracowanie modelu dyskretnego fragmentu łopaty śmigłowca (analiza wytrzymałościowa kompozytowych elementów struktury)

# ZB 9.2. Projektowanie i modelowanie materiałów złożonych

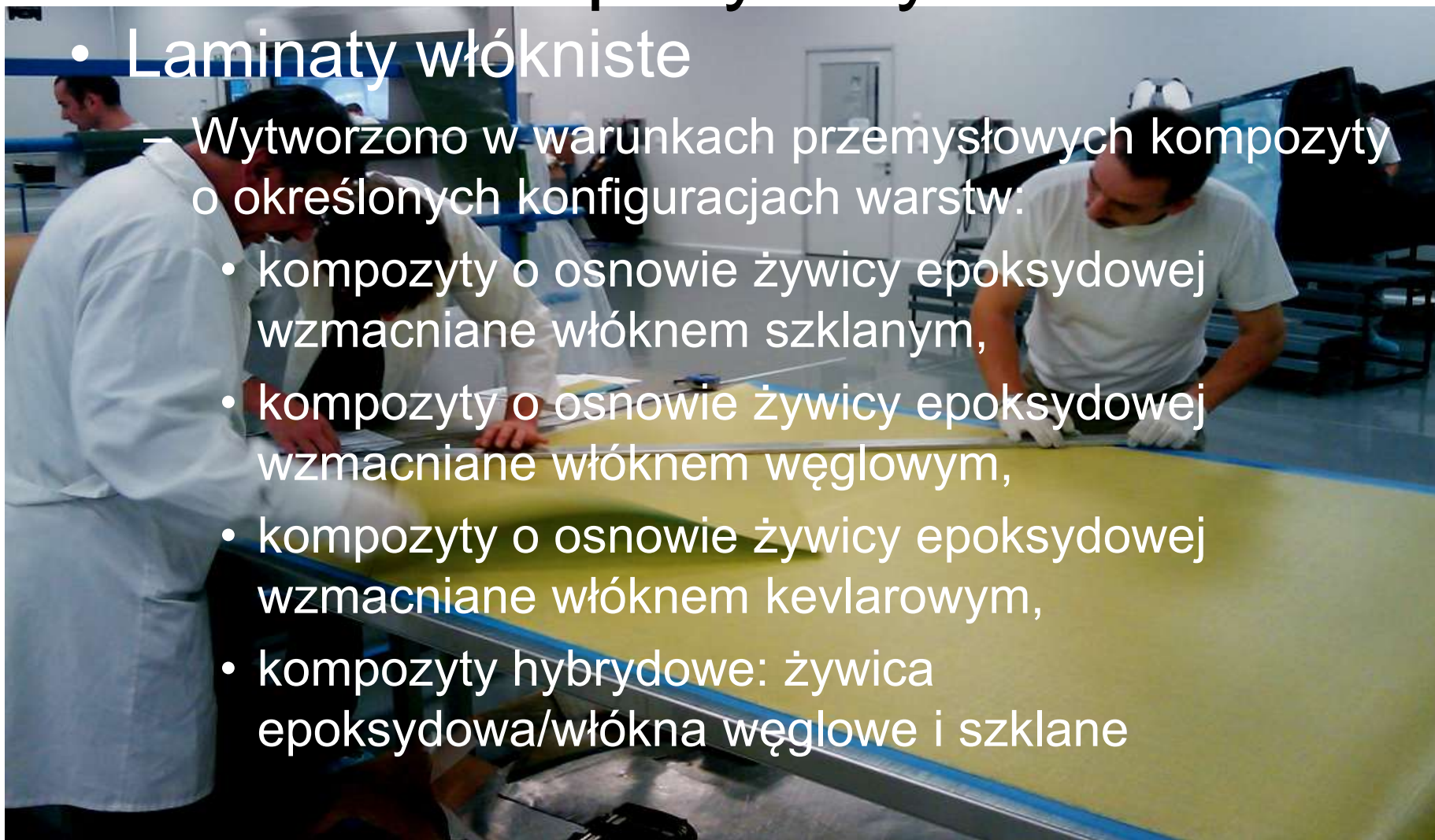
- Odlewy szkieletowe
  - Analiza termoizolacyjnych materiałów formierskich do technologii wytwarzania rdzeni:
    - wykonanie analiz symulacyjnych zapełniania wnętrza formy i krzepnięcia odlewów szkieletowych
  - Analiza technologicznych własności stopów przeznaczonych do wytwarzania stopowych i kompozytowych odlewów szkieletowych:
    - analizy symulacyjne, celem sprawdzenia możliwości wypełniania wnętrza formy stopem odlewniczym oraz ocena szybkości odprowadzania ciepła z krystalizującego odlewu.

# ZB 9.3. Wytwarzanie materiałów kompozytowych

- Laminaty włókniste

- Wytworzono w warunkach przemysłowych kompozyty o określonych konfiguracjach warstw:

- kompozyty o osnowie żywicy epoksydowej wzmocniane włóknem szklanym,
    - kompozyty o osnowie żywicy epoksydowej wzmocniane włóknem węglowym,
    - kompozyty o osnowie żywicy epoksydowej wzmocniane włóknem kevlarowym,
    - kompozyty hybrydowe: żywica epoksydowa/włókna węglowe i szklane





# ZB 9.3. Wytwarzanie materiałów kompozytowych

- Odlewy szkieletowe
  - opracowano 4 alternatywne techniki wytwarzania rdzeni w tym technikę wytwarzania szkieletu o dowolnej geometrycznej budowie szkieletu
  - wyznaczono technologiczne parametry odlewania zapewniające zminimalizowanie różnic własności strukturalnych w objętości odlewów w oparciu o autorską metodę ADTG (termiczną analizę derywacyjno-gradientową)

# ZB 9.3. Wytwarzanie materiałów kompozytowych

- Kompozyty umacniane cząstkami
  - Określenie warunków technologicznych wprowadzania cząstek ceramicznych do osnowy metalowej:
    - opracowanie procedury doboru komponentów, pozwalających na wyznaczenie parametrów kinetyki krystalizacji i mikrostruktury odlewu kompozytowego głównie w lokalnym bezpośrednim otoczeniu wzmocnienia oraz w uśrednionej objętości odlewu kompozytowego.
    - przygotowanie stopu osnowy i cząstek zbrojących (rafinacja i modyfikacja stopu osnowy (przedmuch gazem, wprowadzanie dodatków modyfikujących)



# ZB 9.3. Wytwarzanie materiałów kompozytowych

- Kompozyty umacniane cząstkami
  - określenie warunków wprowadzenia cząstek zbrojących metodą mechanicznego mieszania (temperatura procesu, prędkość wirowania, rodzaj atmosfery ochronnej,
  - określenie warunków homogenizacji i odgazowania zawiesiny (temperatura procesu, prędkość wirowania, ciśnienie atmosfery ochronnej, czas homogenizacji)
  - wytworzenie kompozytów na bazie stop Al-Si-Mg, zawierających cząstki homo i heterofazowym technologią odlewniczą cząstki SiC, cząstki węgla szklanego oraz mieszanina cząstek SiC i węgla szklanego

# ZB 9.3. Wytwarzanie materiałów kompozytowych

- Kompozyty ceramika porowata-metal
  - Preformy ceramiczne ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) do infiltracji roztopionymi metalami wytworzono nową metodą otrzymywania wysokoporowatej ceramiki, którą jest żelowanie spienionej zawiesiny.
  - Kompozyty AlCu5-  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wytworzono metodą infiltracji ciśnieniowej.

# ZB 9.4 i 9.5. Badania struktury i właściwości materiałów

- Laminaty włókniste
  - Wykonano obserwacje struktur laminatów
  - Badania właściwości mechanicznych zgodnie z normami przedmiotowymi ASTM, ISO i przewodnikami stosowanymi w lotnictwie:
    - wytrzymałość na rozciąganie [0], [90]
    - wytrzymałość na ściskanie [0], [90]
    - wytrzymałość na zginanie
    - wytrzymałość na ścinanie (międzywarstwowe, w płaszczyźnie warstwy)



# ZB 9.4 i 9.5. Badania struktury i właściwości materiałów

- Odlewy szkieletowe

- Analiza termoizolacyjnych materiałów formierskich do technologii wytwarzania rdzeni:

- wyznaczenie wymaganych parametrów cieplnych formy i rdzeni do odlewnia struktur szkieletowych

- Analiza technologicznych własności stopów przeznaczonych do wytwarzania stopowych i kompozytowych odlewów szkieletowych:

- dokonano syntezy uzyskanych wyników w zakresie kształtowania mikrostruktury odlewów szkieletowych na bazie stopów Al-Si

# ZB 9.4 i 9.5. Badania struktury i właściwości materiałów

- Kompozyty umacniane cząstkami
  - Ocena właściwości odlewniczych, mechanicznych i strukturalnych kompozytów zawierających cząstki ceramiczne.
- określenie warunków krystalizacji kompozytów zawierających cząstki ceramiczne lub mieszaniny cząstek
- określenie charakterystyk odlewniczych kompozytów (lejność, skurcz)
- ocena wpływu technologii odlewania grawitacyjnego na strukturę kompozytu o zbrojeniu homo- i heterofazowym
- ocena możliwości wykorzystania zbrojenia heterofazowego w kompozytach

# ZB 9.4 i 9.5. Badania struktury i właściwości materiałów

- Kompozyty ceramika porowata-metal
  - Preformy ceramiczne o budowie piany o porowatości w zakresie 60-90% charakteryzowano pod względem wytrzymałości mechanicznej i przepuszczalności fazy ciekłej.
  - Kompozyty charakteryzują się pełnym wypełnieniem sferycznych makroporów preformy ceramicznej przez metal i dobrym przyleganiem na granicy faz ceramika/metal.

## 2. Propozycje rozwiązań technologicznych do dyskusji

- Zadania badawcze (a - PL):
  - Opanowanie technologii FML typu GLARE
  - Projektowanie FML i struktur typu sandwich
  - Badania FML z warstwami tytanowymi
  - Wykonanie i badania inteligentnych kompozytów w tym FML
- Zadanie badawcze (b - PŚ):
  - Wykorzystanie kompozytów zbrojonych hetero i homofazowo w węzłach tarcia lub elementach ślizgowych

## 2. Propozycje rozwiązań technologicznych do dyskusji

- Zadanie badawcze (c - PŚ):
  - Możliwość wykorzystania konstrukcji szkieletowych jako elementów konstrukcyjnych o podwyższonej sztywności
- Zadanie badawcze (d - PRz):
  - Opracowanie technologii wytwarzania korundowych kształtek o budowie piany jako preform do infiltracji metalem.
- Zadanie badawcze (e - PRz):
  - Zaadoptowanie technologii wytwarzania przegród do produkcji na skalę masową.

# 3. Wnioski z wizyt studyjnych w przedsiębiorstwach DL

- W WSK-PZL Świdnik S.A. – poszerzono i zacieśniono współpracę w obszarze modelowania MES i technologii kompozytów
- PZL Mielec - wstępne ustalenia zakresu badań materiałowych przydatnych wytwórcy
- Instytut Energetyki Oddział Ceramiki "Cerel" Boguchwała – konieczna jest poprawa właściwości elektrycznych przegród oraz zaadoptowaniu technologii ich wytwarzania do produkcji na skalę masową.

# 4. Wskaźniki realizacji celów projektu

- Prace inż. i mgr:
  - zrealizowane: 11
  - w realizacji: 7
- Prace doktorskie: 1
- Publikacje: 11 + 4 w druku
- Referaty konferencyjne: 17
- Zgłoszenia patentowe: 1

ZAR

9

# 5. Stan realizacji zakupów

- Wyposażenie laboratoryjne:
  - Zakupione:
    - Wysokowydajna stacja obliczeniowa
    - Zestaw do badań korozyjnych
  - Podpisane umowy na dostawę:
    - Autoklaw z wyposażeniem
    - Mikrotomograf komputerowy
    - Defektoskop ultradźwiękowy z wyposażeniem
    - Komora środowiskowa
    - Mikroskop metalograficzny z wyposażeniem
- Honoraria, delegacje, konferencje: zgodnie z kalkulacją
- Materiały, usługi: w realizacji

## 6. Podsumowanie efektów realizacji za 2009r.

- Zrealizowano merytorycznie podzadanie 1 (analiza stanu wiedzy)
- Kolejne podzadania są realizowane planowo – technologiczne i badawcze
- Ze względu na opóźnienie zakupu autoklawu kompozyty wytwarzane są w PZL Świdnik
- Wydłużenie okresu realizacji nie powoduje konieczności istotnej weryfikacji planu badań – przedłużeniu ulegną podzadania 6 i 7 z korzyścią dla segmentu

## 7. Perspektywy działań na 2010r

- Realizacja badań zgodnie z harmonogramem
- Instalacja i uruchomienie autoklawu w I półroczu 2010 r.
- Dokonanie płatności faktur za aparaturę (2 pozycje) – styczeń 2010 r.

ZAB9



ZBR?

*Dziękuję za uwagę!*