Projekt kluczowy

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

III KONFERENCJA
RADY PARTNERÓW CZT AERONET
i PANELE EKSPERTÓW
13-14 Czerwca 2011

ZB 15

## Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych

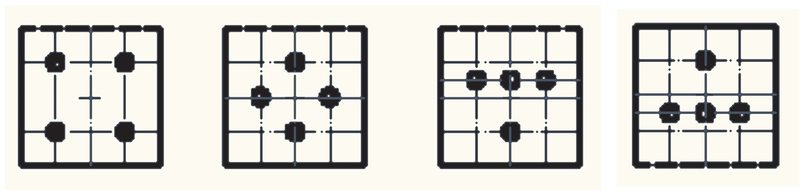
Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Częstochowska, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk

## Wyniki badań

### Analiza eksperymentalna i numeryczna wpływu geometrii rozmieszczenia nitów włączeniach hybrydowych klejowo - nitowych znitami na pola naprężeń i deformacji tych połączeń

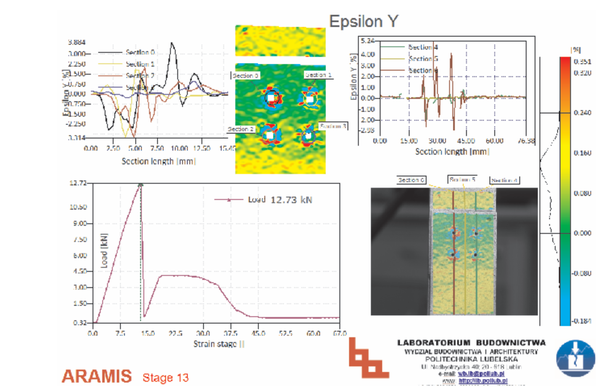
BADANIA EKSPERYMENTALNE

W ramach tematu wykonano badania eksperymentalne za pomocą maszyny wytrzymałościowej MTS wspomaganej systemem ARAMIS.
W próbkach badanych eksperymentalnie zastosowano następujące materiały: aluminium 1050A grubość 2 mm i 4 mm, nity aluminiowe zrywalne o średnicy 3,2 mm oraz klej Loctite™.
Wymiary stosowanych próbek: płytka – 130 x 40 x 4 mm, nakładki – 130 x 40 x 2 mm, obszar klejenia – 40 x 40 mm.
Wyznaczono stan deformacji w połączeniach klejowych dwunakładowych wzmocnionych czterema nitami poddanych jednoosiowemu rozciąganiu. Badano wpływ geometrii rozmieszczenia nitów (szwy jedno- i dwu-rzędowe) na wytrzymałość połączenia hybrydowego (Rys.1), jak również rozkłady deformacji i naprężeń obwodowych wokół nitów.

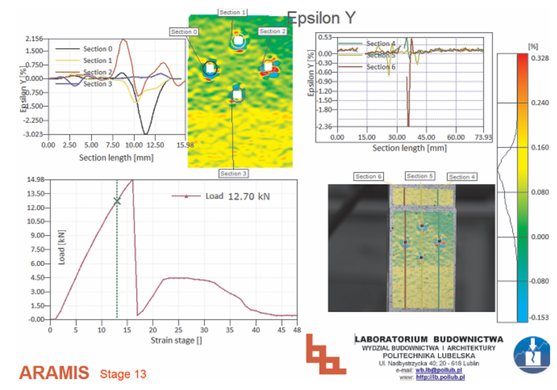


*Rys 1. Schemat rozmieszczenia nitów w połączeniach nitowych i hybrydowych klejowo nitowych z czterema nitami.*

Zastosowanie systemu monitoringu optycznego podczas procesu jednoosiowego rozciągania pozwoliło na zebranie danych dotyczących pól odkształceń, przemieszczeń ięzeń materiałów. Ponadto system Aramis rejestruje bieżące wartości siły z maszyny wytrzymałościowej, co umożliwia sporządzenie identycznych wykresów, jakie uzyskuje się wbadań w prasie MTS. Przykładowe raporty dla połączeń hybrydowych o różnym rozkładzie nitów przedstawiają Rys.2, Rys.3. Natomiast Rys.4 i 5 przedstawiają przykładowe wizualizacje pól odkształceń.

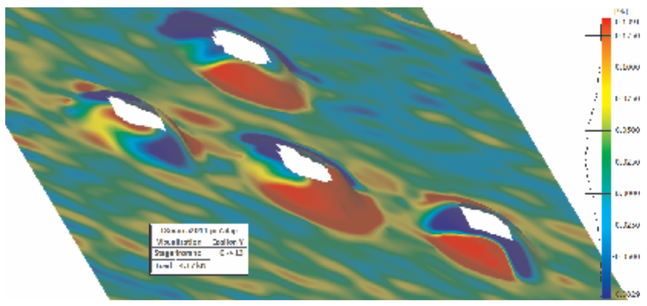



*Rys.2. Przykładowy raport dla połączenia hybrydowego klejowo-nitowego o rozkładzie nitów typu-2.*

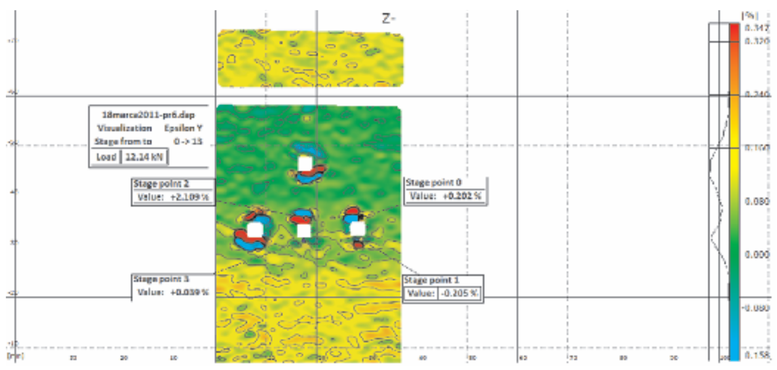



*Rys.3. Przykładowy raport dla połączenia hybrydowego klejowo-nitowego o rozkładzie nitów typu1 - 2- 1.*

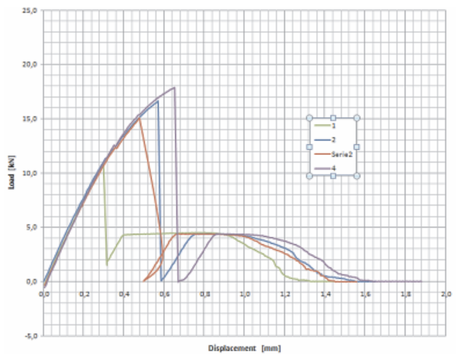
Na podstawie danych doświadczalnych uzyskanych z prasy MTS oraz systemu Aramis zostały sporządzone wykresy siła- przemieszczenie dla wszystkich typów rozkładu nitów włączeniach hybrydowych znitami.
Ponadto wykonano analizę przemieszczeń i naprężeń obwodowych wokół poszczególnych nitów dla każdego typu połączenia.



*Rys.4. Wizualizacja przestrzenna pola odkształceń dla połączenia hybrydowego klejowo-nitowego o rozkładzie nitów typu- 3.*

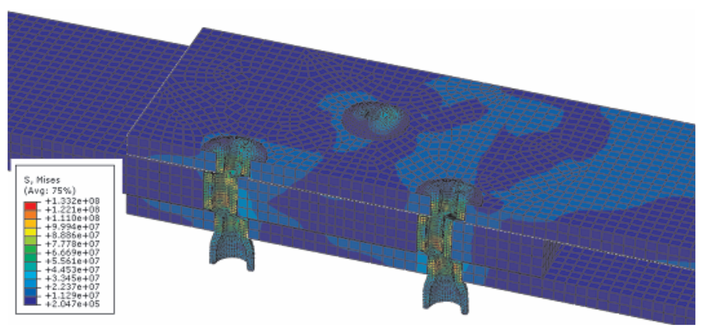



*Rys.5. Wizualizacja 2D pola odkształceń dla połączenia hybrydowego klejowo-nitowego oładzie nitów typu- 3.*

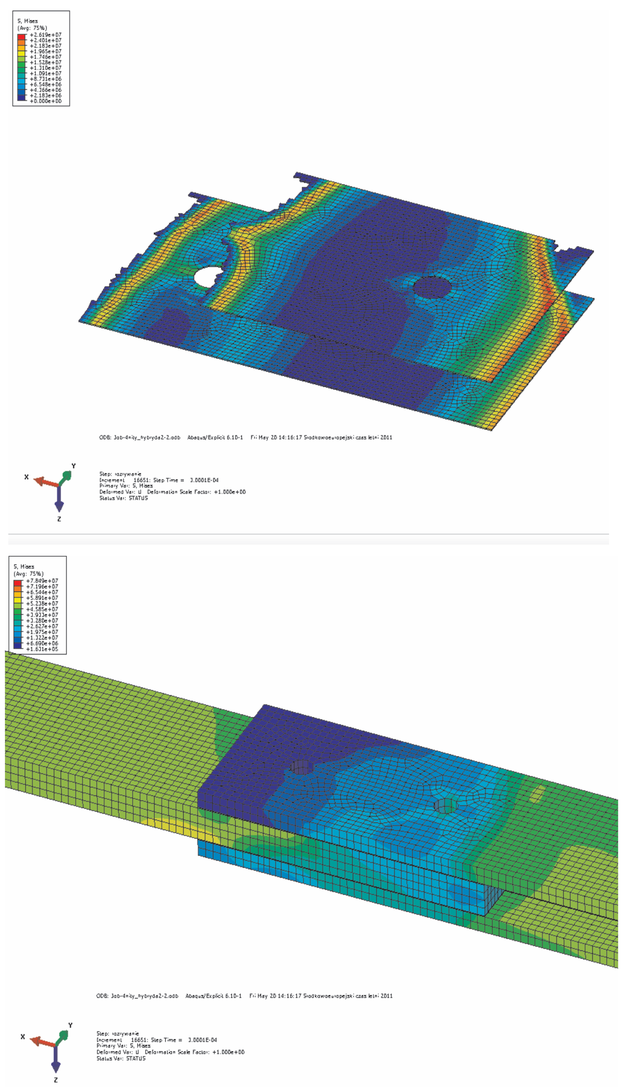



ANALIZA NUMERYCZNA

Wykonano symulacje porównawcze za pomocą programu ABAQUS dla połączenia wyłącznie klejowego oraz połączeń hybrydowych o różnym rozkładzie geometrycznym nitów. Ze względu na symetrię stosowanych próbek, w celu zwiększenia szybkości obliczeń, do obliczeń wzięto pod uwagę połowę próbki, Rys. 7.
Modelowanie numeryczne połączeń hybrydowych zostało przeprowadzone w dwóch krokach dynamic explicite. Pierwszy etap to proces nitowania, natomiast drugi etap to proces deformacji i zniszczenia próbki (Rys.7, 8).
W procesie modelowania zastosowano następujące typy elementów: komponenty aluminiowe - C3D8R ( linear hexahedral elements); C3D6 (linear wedge elements); warstwy adhezyjne kleju - COH3D8 ( linear wedge elements)




*Rys.7 .Przykładowy proces niszczenia połączenia hybrydowego dwu-nakładkowego klejowo-nitowego typu 1-2-1 (ABAQUS— model 1 połączenia).*




*Rys. 8 Przykładowy proces niszczenia połączenia hybrydowego typu 1-2-1 w warstwach kleju i w blaszkach(ABAQUS— model 1/2 połączenia).*

## Wnioski

Analiza otrzymanych wyników oraz badania energii absorbowanej przez połączenie potwierdzają znaczne zróżnicowanie wytrzymałości połączeń w zależności od geometrii rozkładu nitów wklejonym połączenia.
Porównanie wykresów siła – czas wykazuje w obu metodach 100% zbieżności, natomiast zależności siła – przemieszczenie nie wykazują już tak dużej zgodności. Różnice mogą być spowodowane nierównościami występującymi na powierzchni próbki, ewentualnie pojawieniem się w materiale mikro-uszkodzeń zaburzających odczyty danych przez system wzwiększania obciążenia.

*Rys.6. Wykresy siła – przemieszczenie dla poszczególnych typów połączeń hybrydowych (uśrednione wartości dla poszczególnych typów połączeń):*
*1 – połączenie typu 2-2;*
*2 - połączenie typu 3-1;*
*3 - połączenie typu 1-3,*
*4 - połączenie typu 1-2-1*

## Wyniki badań

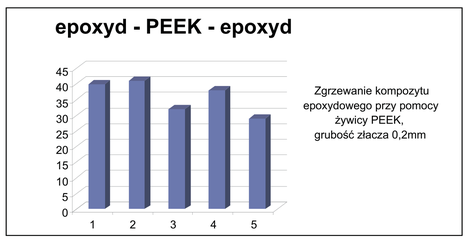
**Ogólne informacje**

PEEK - polyetheretherketone - to termoplastczna żywica na pazie której można wykoanć kompozyt z dowolnym układem oraz typem zbrojenia.
Główną zaletą takich kompozytów są ich właściwości mechaniczne oraz odporność termiczna i chemiczna. Parametry zastosowanego kompozytu do badań:

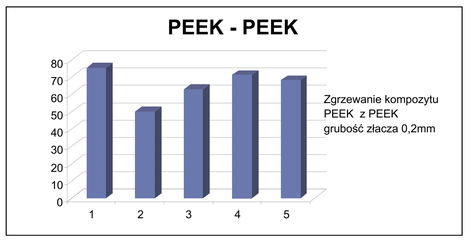
| | |
|---|---|
| Żywica - PEEK | |
| Zbrojenie Carbon As4 | |
| Tensile Strength (0°) | 2280 MPa |
| Tensile Modulus (0°) | 183 GPa |
| Poisson's Ratio | 0.329 |
| Tensile Strength (90°) | 89.6 MPa |
| Tensile Modulus (90°) | 11 GPa |
| Compressive Strength (0°) | 1100 MPa |
| Compressive Modulus (0°) | 122 GPa |
| Compressive Strength (0°) | 1193 MPa |
| Compressive Strength (0°) | 1013 MPa |
| Compressive Modulus (0°) | 118 GPa |
| Flexural Strength (90°) | 148 Mpa |

Aktualne badania mają na celu zgrzanie - połączenie dwóch różnych kompozytów, PEEK oraz epoxydowego.
Obróbka żywicy peek jest możliwa w temperaturze 360- 420'C bez ryzyka zniszczenia jej parametrów mechanicznych. Własnie ta właściwość materiału jest wykożystywana przy zgrzewaniu materiałów. Proces zgrzewania prowadzony jest przy pomocy siatek z drutów oporowych i przepływającego przez nie prądu, daje to możliwość dokładnego kontorowania warunków temperaturowych.

Uzyskane wyniki z łaczenia kompozytów epoxydowych oraz PEEK - próba wytrzymałości na ścinanie złacza.




Tradychyjne klejenie kopozytów termoplasyczbych przy pomocy klejów epoxydowych, metakrylowych i poliuretanowych jest praktycznie nie możliwe. Jedyną możliwością łączenia ich jest zgrzewanie przy pomocy materiału bazowego czyli żywicy polyetheretherketone

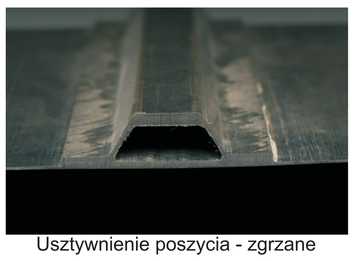



Zgrzewanie przy pomocy żywic termoplastycznych wymaga indywidualnego procesu technologicznego dla danej konstrukcji. W celu zachowania równej jakości złącza konieczna jest automatyzacja procesu.

## Wnioski

Próby zgrzewanie kompozytów epoxydowych z termoplastycznymi na obecnym etapie prac dają rokowania na uzyskanie złącza umożliwiającego prawidłowe połaczenie tych materiałów o parametrach wytrzymałościowych przewyższających kleje epoxydowe oraz metakrylowe. Głównym parametrem który ma wpływ na jakość połaczenia jest teperatura w złączu oraz samych materiałów zgrzewanych, które muszą mieć temperaturę zbliżoną do 400'C.
Dalsze prace zostaną prowadzone pod kątem uzyskiwania stałych parametrów zgrzewania, które powinny zagwarantować powtarzalność wyników.

## Przykłady zastosowania w lotnictwie



Usztywnienie poszycia - zgrzane

Wręg ramowy kadłuba

Belka nośna ładowni helikoptera CH-53

## Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

Brak współpracy z Polskim przemysłem lotniczym.
Jest to spowodowane nie stosowaniem kompozytu na bazie żywicy PEEK w polskim przemyśle lotniczym, lub stosowanie jego jest obięte tajemnicą handlową.

## Wskaźniki realizacji celów projektu

**Prace doktorskie planowane**

Tytuł: ***Technologia łaczenia kompoztyów epozydowych z termoplastycznymi na bazie żywicy PEEK***
Autor: mgr.inż.. Bartosz Puchowski
Promotor: Promotor pracy
Status: *(np. „W trakcie reazlizacji przygotowania do druku", „W trakcie opracowania wydawniczego", „Praca po obronie")*

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO