Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym
Modern material technologies in aerospace industry

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

KONFERENCJA
RADY PARTNERÓW CZT AERONET
KONFERENCJA ROCZNA PKAERO
9 - 10 Grudnia 2013

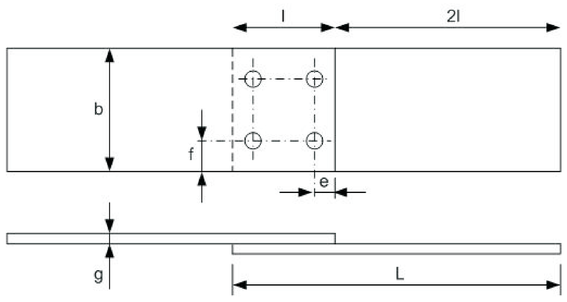
ZB 15

Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych
Unconventional technologies of joining elements of aeronautical constructions

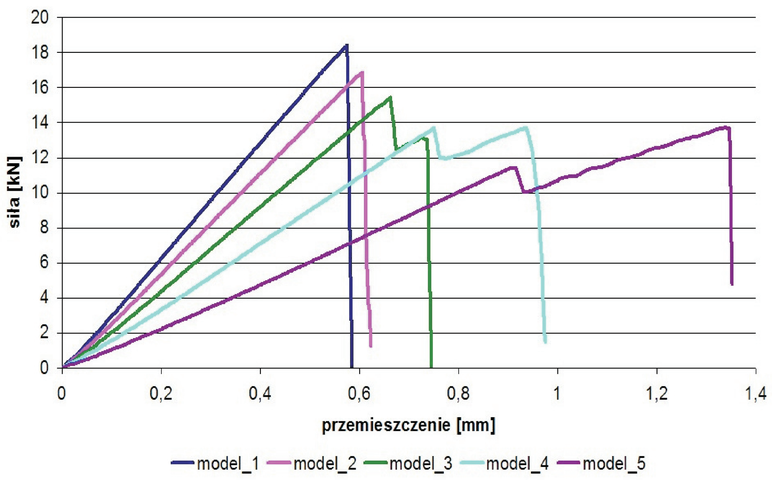
Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Częstochowska, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk

Wyniki badań
Results

Tematem zrealizowanych prac były badania wpływu wymiarów zakładki na wytrzymałość połączeń klejowych i hybrydowych przy zachowaniu tej samej ilości łączników mechanicznych i powierzchni klejonej.
The subject of the carried out work, was to investigate the impact of the lap dimensions on the strenght of adhesive and hybrid joints while maintaining the same number of mechanical fasteners and cohesive surface.



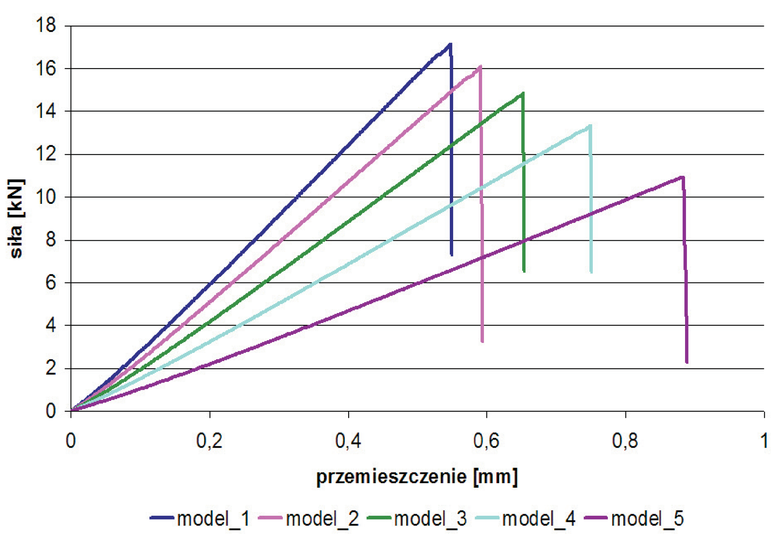
Połączenia hybrydowe



model	b	l	g	e	f	L
1	60	26,67	1,33	6,67	15	80
2	50	32,00	1,60	8,00	12,5	96
3	40	40,00	2,00	10,00	10	120
4	30	53,33	2,67	13,33	7,5	160
5	20	80,00	4,00	20,00	5	240

Cechy wspólne jakie posiadały wszystkie połączenia to:
- powierzchnia kleju 1600mm2
- przekrój poprzeczny łączonej blachy 80mm2
- wymiar „e" 0,25% długości zakładki
- wymiar „f" 0,25% szerokości zakładki
- grubość warstwki kleju 0,1mm
- długość łączonych blach 3 długości zakładki
- średnica nitu 4mm

Połączenia kohezyjne



Wnioski
Conclusions

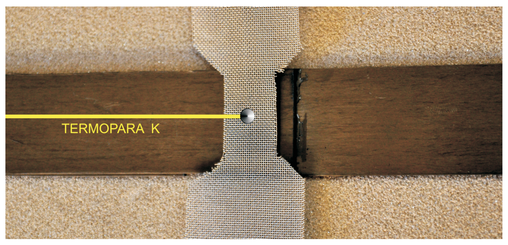
Odpowiednie kształtowanie zakładki przy tej samej ilości kleju oraz łączników mechanicznych jest zagadnieniem bardzo ważnym. Odnosząc wyniki do zakładki o wymiarach b=l, wytrzymałość połączenia kohezyjnego może się wahać na +25% lub -16,8% w zależności od jej ukształtowania. Dla połączenia hybrydowego z racji występowania łączników mechanicznych ten wpływ jest nieco mniejszy i możemy uzyskać wartości +22% lub -11,27%.

The very important issue is to appropriate shaping the lap for the same number of mechanical fasteners and the same area of cohesive zone. Refering to the results of lap with size b=l, the strenght of cohesive joint may range for +25% or -16,8% depending on the shape design. For the hybrid joint by the presence of mechanical fasteners that impact is a little smaller and we can get the values of +22% or -11,27%.

Wyniki badań
Results

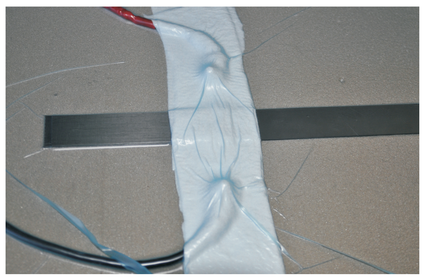
1. Połączenie kompozyów epoxydowych przy pomocy termoutwardzalnych klejów epoxydowych,mma, poliuretanowych przy pomocy próżni i wygrzewania lokalnego
Connecting epoxy composites using thermosetting adhesives epoxydowych, mma, polyurethane and vacuum using a local heating

Opracowano technologię wykonywania złącza przy pomocy klejów termoutwardzalnych oraz klejów wymagających wygrzewania po utwardzeniu. Przeprowadzono serię testów na identycznym materiale bazowym - kompozycie epoxydowych wykonanym w technologii infuzji i poddanym obróbce zgodnej z kartą producenta żywicy. Kompozyt został sklejany w tradycyjny sposób oraz z zastosowaniem technologii opracowanej w IMP próżni oraz siatki do lokalnego grzania. Próbki zostały poddane analizie wytrzymałościowej z rejestracją przemieszczeń w rejonie złącza.



Pomiar temperatury podczas wygrzewania z obu stron złącza oraz wewnątrz złącza przy pomocy termopar typu K. Czujnik mierzący temperaturę w rejonie złącza sprzężony jest z regulatorem mocy grzania.

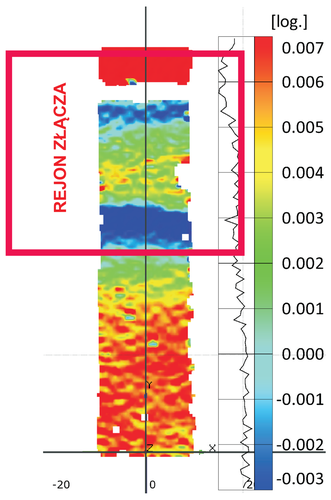
Umieszczenie złącza w próżni 0,95 bara i odizolowanie termiczne



Opracowano serię siatek grzewczych w powłoce silikonów.
Kształt siatki ma znaczący wpływ na rozkład temperatur szczególnie na krawędzie złącza.
Warstwa silikonu ma za zadanie rozłożyć naprężenia ściskające od próżni oraz nie dopuszcza do sklejenia się siatki z klejem na obwodzie złącza.

2. Analiza wyników przy pomocy programu aramis - zapisu przemieszczeń w złączu.
Analysis of the results using the program aramis - recording movements in the joint.

Przeprowadzona analiza wytrzymałościowa miała na celu sprawdzenie poprawności wykonania złącza dla obydwóch technologii.
Ze względu na umieszczenie w próżni i konieczności odizolowania termicznego złącza nie ma rejestracji dokładnego rozkładu temperatur podczas wygrzewania.
Temperatura ma znaczący wpływ na jakość połączenia szczególnie przy klejach epoxydowych dla tego też przeprowadzona analiza wytrzymałości połączona została z analiza przemieszczeń.
Analiza ta ma za zadanie wykazać ewentualne błędy słabsze rejony połączenia.



Rozkład przemieszczeń w złączu klejonym, zakładkowym
Przemieszczenia na kierunku Y
Distribution of displacement in the connector glued, overlapping
Movements in the Y direction

Wnioski
Conclusions

1. Zastosowana technologia wygrzewania złączy znacznie przyspiesza proces wykonania połączenia od momentu aplikacji kleju do czasu uzyskania pełnej wytrzymałości. Dla większości klejów epoxydowych możliwe jest utwardzenie i wygrzanie złącza w ciągu godziny bez konieczności wygrzewania całego elementu.
2. Zastosowanie próżni ułatwia stabilizację łączonych elementów i usuwa powietrze z rejonu złącza gdyż próżnia wytwarzana jest przed uplastycznieniem się kleju co znacznie podwyższa wytrzymałość w złączu.
3. Zastosowanie siatek grzewczych o bardziej skomplikowanych kształtach może dać możliwość dokładniejszego grzania wybranych rejonów złącza.
4. Wytrzymałość złącza wykonanego w zaproponowanej technologii jest średnio 15% większa od klasycznej technologii sklejania.

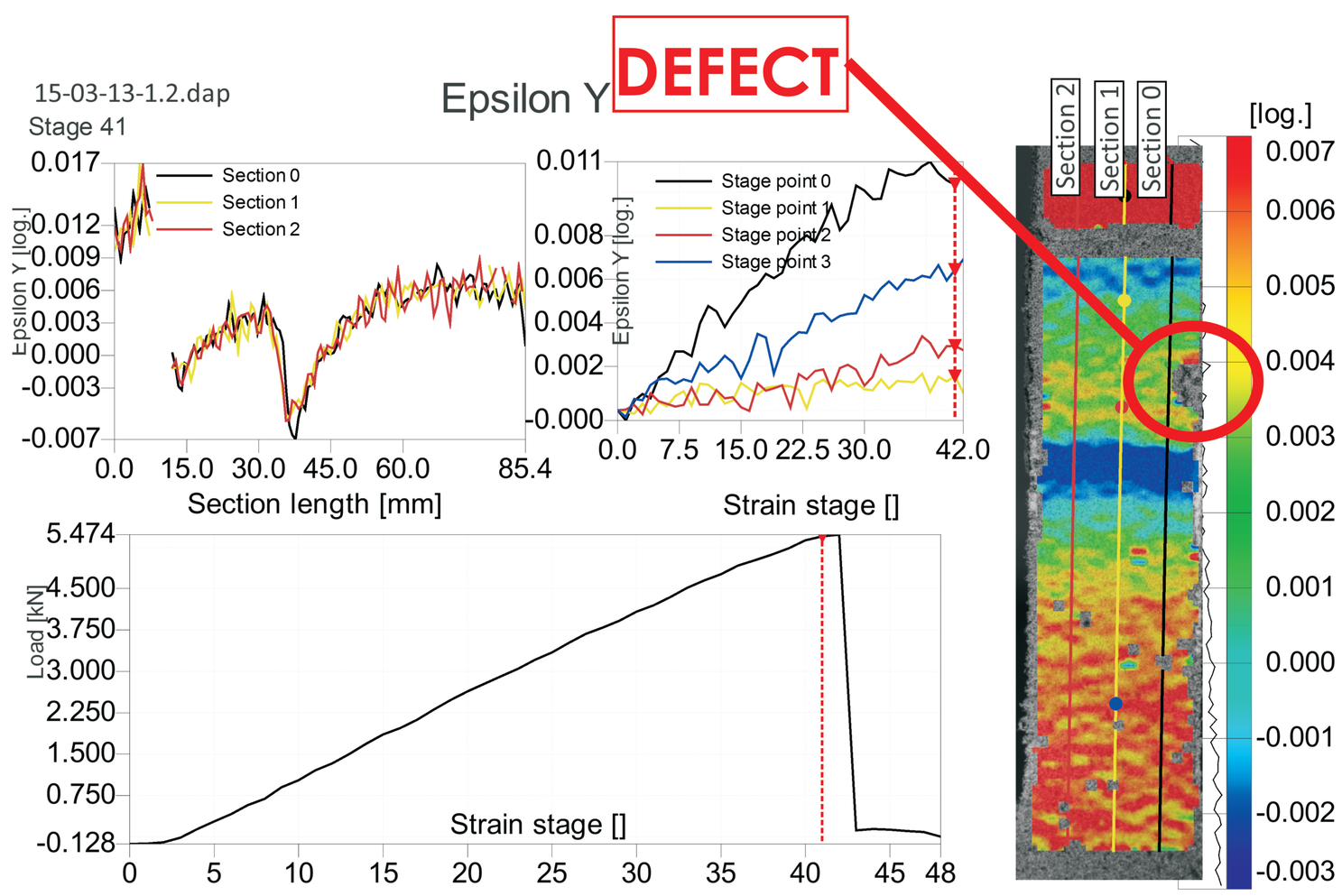
Wskaźniki realizacji celów projektu
Indicators of the projects

Wdrożenia
1. Cree Yacht - technologia stosowana do wygrzewania klejów epoxydowych w łódkach regatowych
2. Galeon - technologia zastosowana do wygrzewania złącza nierdzewnego zawiesia z kompozytową ramą węglową

Wskaźniki realizacji celów projektu
Indicators of the project

Referaty
1. Tomasz Sadowski, Marcin Kneć, Przemysław Golewski, ***Fatigue response of the hybrid joints obtained by hot spot welding and bonding techniques***, ARTENS 2013, 23 – 25 maj, Timisoara

Publikacje
1. T. Sadowski, T. Balawender R. Śliwa, P. Golewski, M. Kneć, ***Modern hybrid joints in aerospace: modelling and testing***, Archives of Melallurgy and Materials, Volume 58, 163 – 169 (2013),
2. T. Sadowski, P.. Golewski, ***Numerical study of the prestressed connectors and their distribution on the strenght of a single lap, a double lap and hybrid joints subjected to uniaxial tensile test,*** Archives of Melallurgy and Materials, Volume 58, 581 – 587 (2013),



Rejestracja przemieszczeń w złączu dla wybranych punktów oraz osi, analiza naprężeń Widoczny defekt w złączu oznaczony **DEFECT**

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO