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

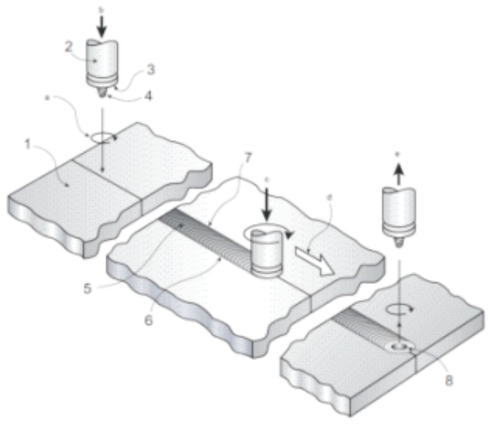
Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych
Unconventional technologies of joining elements of aeronautical constructions

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

Wyniki badań
Results

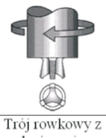
Analiza rodzaju połączeń oraz gatunku jak i grubości łączonych materiałów z stopów aluminium w strukturach lotniczych pod kątem możliwości zastosowania metody zgrzewania tarciowego z przemieszaniem (FSW)
Analysis of the connection type and a thickness of joined materials from aluminum alloys in aerostructures in terms of the applicability of the method of friction stir welding (FSW)

Metoda zgrzewania tarciowego z przemieszaniem jest wynikiem poszukiwania przez przemysł lotniczy i instytuty technologii łączenia nie spawalnych i/lub trudno zgrzewalnych metodami tradycyjnymi elementów z stopów aluminium.
Główne wymagania jakie postawiono tym technologią było:
- Zmniejszenie ciężaru połączenia (np. poprzez wyeliminowanie łączników jako dodatkowych elementów zwiększających ciężar konstrukcji)
- Zapewnienie szczelności połączenia
- Zapewnienie odpowiedniej lub wyższej wytrzymałości mechanicznych połączenia



Rys.1 Etapy procesu zgrzewania tarciowego z przemieszaniem (FSW)
Fig.1 The process steps friction stir welding (FSW)

Do uzyskania prawidłowego połączenia (wolnego od wad) ważna jest identyfikacja poziomu plastyczności materiału która ma wpływ na skuteczność procesu FSW i rolę przemieszania materiału złącza w tym procesie.
Nie tylko parametry procesu mają wpływ jakość złącza (tj. prędkość obrotowa narzędzia zgrzewającego, posuw / prędkość liniowa narzędzia, siła osiowa, kąt nachylenia narzędzia ale również geometria narzędzia (kształt trzpienia oraz opory)

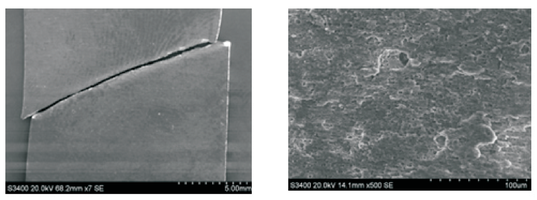
Narzędzie	Cylindryczne	Whorl ™	MX triflute ™	Flared triflute ™	A-skew ™	Re-stir ™
Rysunek poglądowy						
Kształt trzpienia	Cylindryczny gwintowany	Stożkowy gwintowany	Stożkowy gwintowany z trzema rowkami	Trój rowkowy z zakończeniem rowków na poszerzonej końcówce	Pochylony cylindryczny gwintowany	Stożkowy gwintowany

Rys.2 Przykładowe kształty narzędzi FSW
Fig.2 Examples of shape FSW tools

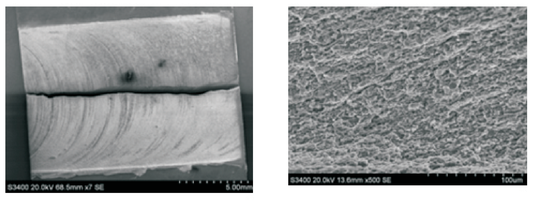
Tab.1 Właściwości mechaniczne wybranych stopów Al. i ich połączeń za pomocą FSW
Tab.1 The mechanical properties of selected Al. alloys and their FSW joints

lp	Stop	$R_{0,2}$,MPa	**R_m, MPa**	A_{50}, %	Z, %	$R_{0,2}$,MPa	R_m, MPa	A_{50}, %	Z, %
		Materiał rodzimy				Połączenie			
1	7075 g=1,0mm	85	**194**	15,7	40,5	106	**193**	12,9	44
2	2014 g=1,0mm	316	**437**	18,6	28,2	225	**291**	1,0	30,7
3	2024 g=1,0mm	306	**454**	16,1	29,7	292	**426**	8,2	30,6

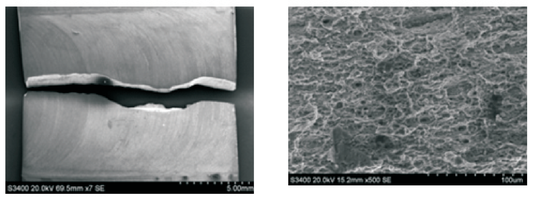
Połączenie 1
Zerwanie poza zgrzeiną



Połączenie 2
Zerwanie w osi zgrzeiny



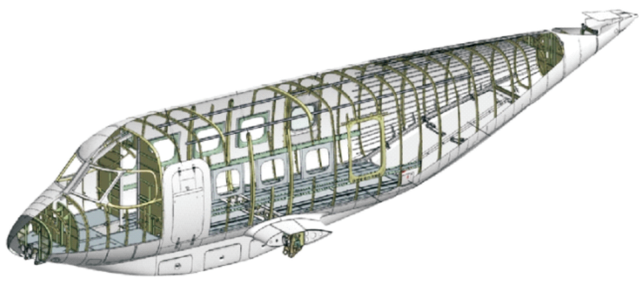
Połączenie 3
Zerwanie w osi zgrzeiny



Wnioski
Conclusions

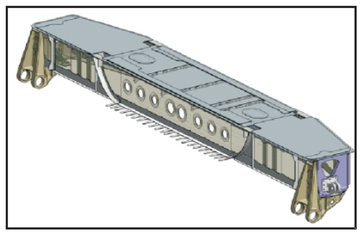
Biorąc pod uwagę powyższe wyniki dokonano analizy metalowej struktury lotniczej statku powietrznego o ciężarze startowym 10 ton pod kątem możliwości zastosowania do jej łączenia metody zgrzewania tarciowego z przemieszaniem (FSW).
Wytypowano rodzaje połączenia tj.

#1. Zakładkowe:
- łączenie fragmentów poszycia samolotu, łączenie podłużnic z poszyciem, łączenie wręg/żeber z poszyciem
- elementy łączone o kształcie płaskim, zakrzywionym o powierzchni rozwijalnej, zakrzywionej o powierzchni nierozwijalnej
- materiały łączone: stop aluminium 2024T4 z 2024T4, 2024T4 z 7075T6, 2024T4 z 7050T6
- grubości materiałów od 0,4 mm; 0,6mm; 0,8mm; 1mm; 1,2mm; 1,5mm; 2mm; 2,5mm
- łączenie elementów o tej samej grubości jak i różnej
- prowadzenie narzędzia FSW od strony elementu cieńszego (np. poszycia samolotu) oraz od strony elementu grubszego (np. wręgi/żebra) wchodzącego w skład łączonego pakietu



Rys.1 Elementy struktury łączone zakładkowo z poszyciem samolotu
Fig.1 Structural elements joined overlap with skins of aircraft

#2. Doczołowe
- łączenie elementów strukturalnych - strutury nośnej wręg/żeber siłowych celem zastąpienia procesu obróbki z materiału pełnego i związanych z tym dużych strat materiałowych oraz kesonów podwozia
- elementy łączone o kształcie płaskim, zakrzywionym o powierzchni rozwijalnej
- materiały łączone: stop aluminium 2024T4 z 2024T4, 7075T6 z 7075T6, 7050T6 z 7050T6
- grubości materiałów od 1mm do 5mm
- łączenie elementów o tej samej grubości jak i różnej



Rys.2 Elementy struktury samolotu łączone doczołowo
Fig.2 Aircraft structural elements butt joined

Wskaźniki realizacji celów projektu
Indicators of the project

Referaty
1. R.E. Sliwa , Advances in Friction Stir Welding for aerospace industry, XX Physical Metallurgy and Materials Science ConferenceAdvanced Materials and Technologies , ,AMT 2013 9-12 JUNE 2013 Kudowa Zdrój

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorskie
Tytuł: ***Analiza możliwości łączenia cienkościennych struktur lotniczych ze stopów aluminium zgrzewaniem tarciowym z przemieszaniem (FSW)***
Autor: Tomasz Gałaczyński
Promotor: dr hab. Inż. prof.. PRz Romana Ewa Śliwa
Status: w trakcie realizacji, po otwarciu przewodu w dniu 10 .10. 2012r.

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO