



PROGRAM OPERACYJNY INNOWACYJNA GOSPODARKA

Priorytet 1. Badania i rozwój nowoczesnych technologii: Działanie 1.1. Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy  
Poddziałanie 1.1.2 Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych; PK pn.: „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”

## Streszczenie

Rozwój i zapewnienie konkurencyjności na rynku światowym firm lotniczych wymaga poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych w tym alternatywnych metod łączenia metalowych cienkościennych struktur lotniczych. Innowacyjna technologia zgrzewania tarcowego z przemieszaniem (z ang. Friction Stir Welding – FSW) należąca do grupy technologii zwanych Free Fasteners Aerostructures (łączenie bez dodatkowych elementów złącznych) ma na celu wytwarzanie zaawansowanych metalowych struktur lotniczych charakteryzujących się zwiększoną wytrzymałością, mniejszą masą i niższym kosztem wytwarzania. Wykazano, że zastosowanie tej technologii pozwala na uproszczenie konstrukcji przy jednoczesnym zwiększeniu jakości wyrobu finalnego poprzez wyeliminowanie błędów ludzkich powstających podczas stosowania konwencjonalnych metod łączenia tych struktur i może zastąpić skutecznie konwencjonalne metody łączenia, tj. spawania, zgrzewania oporowego czy łączenia za pomocą łączników (np. nitowanie).

W pracy dokonano analizy możliwości łączenia wybranych materiałów metalicznych przeznaczonych na elementy struktury lotniczej. W oparciu o przedstawioną charakterystykę różnych metod łączenia łącznikowych i bezłącznikowych tych struktur, dokonano analizy teoretyczno – doświadczalnej łączenia cienkościennych struktur lotniczych ze stopów aluminium metodą zgrzewania tarcowego z przemieszaniem (FSW - Friction Stir Welding) blach o grubościach poniżej 1,0 mm (0,6 oraz 0,8 mm). Przedstawiono wyniki badań opracowanej technologii liniowego zgrzewania tarcowego z przemieszaniem FSW w celu uzyskania połączeń zakładowych i doczołowych oraz technologii zgrzewania punktowego z wypełnieniem krateru RFSSW (Refill Friction Stir Spot Welding), jak też wyniki badań efektów łączenia technologiami FSW i RFSSW. Łączeniu poddano blachy z wybranych stopów aluminium 2024 oraz 6061. Dokonano opracowania parametrów procesu oraz z zastosowaniem różnych parametrów geometrycznych narzędzia. Na podstawie wyników badań eksperymentalnych dokonano oceny jakości połączenia na podstawie wytrzymałości na ścinanie/rozciąganie połączenia, określenia rozkładu odkształceń plastycznych, występowania ewentualnych pęknięć w trakcie badań wytrzymałościowych jak również dokonano badań mikrostruktury i mikrotwardość w obszarze zgrzein. W badaniach wytrzymałościowych wykorzystano system optycznej analizy odkształcenia. Otrzymano pozytywne efekty połączenia cienkich blach o wymaganych cechach. Udokumentowano, że obie metody łączenia cienkich blach z stopów aluminium liniowe FSW oraz punktowe RFSSW mogą stanowić alternatywę dla obecnie stosowanych tradycyjnych metod łączenia konstrukcji lotniczych zapewniając obniżenie masy oraz kosztów wytwarzania struktur lotniczych.

PROGRAM OPERACYJNY – INNOWACYJNA GOSPODARKA

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym",

Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG).

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

## Summary

Development and ensuring competitiveness in the global market of aviation companies need the search for new technological solutions including alternative methods of joining metallic thin-walled aircraft structures. The innovative technology of Friction Stir Welding - FSW belongs to a group of technologies called FFA - Free Fasteners Aerostructures is aimed at the production of advanced metallic aircraft structures characterized by increased strength, lower weight and lower cost manufacturing. Has been demonstrated that the use of this technology allows to simplify the structure at the same time improving the quality of the final product by eliminating human error generated during use of conventional joining methods these structures and can replace effectively a conventional joining methods such welding, resistance welding or joining by fasteners (eg. riveting).

The paper presents an analysis of the possibility of combining selected metallic materials used for elements of the aerostructure. Based on the presented characteristics of different joining fasteners and free fasteners methods these structures, an analysis of theoretical - experimental joining of thin-walled aircraft structures from aluminum alloys using Friction Stir Welding sheets with thicknesses less than 1.0 mm (0.6 and 0.8 mm). Presents the results linear Friction Stir Welding to obtain a lap joints and butt and spot welding RFSSW - Refill Friction Stir Spot Welding technologies, as well as the results of the effects of combining technologies FSW and RFSSW. Joining sheet was subjected from selected aluminum alloys 2024 and 6061. There have been studies of the process parameters and with different geometrical parameters of the tool. Based on the results of experimental studies assessed the quality of the connection by the strength / load capacity connections, determine the distribution of plastic deformation, the occurrence of cracks during the strength tests as well as tests were made microstructure and micro-hardness in the area of the welds. The strength tests used in the optical system of deformation analysis. Received positive results of joining of thin sheets having the required features. It has been documented with both methods combining thin sheets of aluminum alloy linear FSW and spot RFSSW may provide an alternative to current conventional joining methods of aircraft structures providing weight reduction and manufacturing costs of aircraft structures.