COLLEGE DOCTORAL PAYS DE LA LOIRE
ED MATIERE, MOLECULES, MATERIAUX & GEOSCIENCES

Nantes Université

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 596
Matière, Molécules, Matériaux et Géosciences
Spécialité : Sciences des Matériaux

Par
Ilana BIDON

Impact du procédé de soudage Friction Stir Welding sur la microstructure et réactivité de surface des alliages aluminium-cuivre

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 12 novembre 2026
Unité de recherche : UMR 6502 Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel

Rapporteurs avant soutenance :

Olivier DEVOS	Professeur des universités	Université de Bordeaux
Alexis DESCHAMPS	Professeur des universités	Grenoble INP

Composition du Jury :
Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse

		Fonction et établissement d'exercice (8)*(à préciser après la soutenance)*	
Président :	Prénom Nom		
Examinateurs :	Olivier DEVOS	Professeur des universités	Université de Bordeaux
	Alexis DESCHAMPS	Professeur des universités	Grenoble INP
	Aude SIMAR	Full professor	Université catholique de Louvain
	Bernard NORMAND	Professeur des universités	INSA Lyon
	Sabrina Marcelin	Ingénieur de recherche	INSA Lyon
Dir. de thèse :	Pascal PAILLARD	Professeur des universités	Nantes Université
Encadrants :	Laurent COUTURIER	Maître de conférences	Nantes Université
	Mélanie BEDU	Docteur ingénieur	Airbus Operations SAS

Invité(s)

Anne-Laure LAFLY	Ingénieur	Airbus Opérations SAS
Alice DELORME	Ingénieur	Airbus Opérations SAS
Anne LEPIED	Docteur ingénieur	Airbus Atlantic SAS

COLLEGE ED MATIERE, DOCTORAL MOLECULES, MATERIAUX PAYS DE LA LOIRE & GEOSCIENCES

Nantes Université

Titre : Impact du procédé de soudage Friction Stir Welding sur la microstructure et réactivité de surface des alliages aluminium-cuivre.

Mots clés : Soudage friction-malaxage, AA2219, microstructure, corrosion

Résumé : Les procédés de soudage sont de plus en plus utilisés dans l'industrie aéronautique, notamment pour remplacer les fixations mécaniques, ce qui permet de gagner du temps, de réduire le poids et d'abaisser la consommation de carburant. Le procédé de soudage à l'état solide par friction-malaxage (FSW) a suscité un fort intérêt au cours des dernières décennies, notamment en raison de sa capacité à surmonter les limitations rencontrées lors du soudage par fusion des alliages d'aluminium. Parmi les alliages d'aluminium utilisés dans l'aéronautique, la série 2xxx (basée sur le système Al-Cu) est appréciée pour ses propriétés mécaniques, qui peuvent être améliorées par traitement thermique de précipitation. Sa faible soudabilité en soudage par fusion, en particulier en raison de sa sensibilité à la fissuration à chaud lors de la solidification, en fait une candidate idéale pour les procédés à l'état solide tels que le FSW.
Cependant, les cycles thermomécaniques sévères propres au FSW génèrent de forts gradients microstructuraux qui modifient profondément la sensibilité à la corrosion des zones soudées. Une protection de surface appropriée est donc nécessaire pour protéger les zones soudées par FSW contre la corrosion. Cette thèse de doctorat étudie l'impact du procédé FSW sur la microstructure et la réactivité de surface de l'alliage AA2219, afin d'évaluer l'efficacité des systèmes de protection de surface destinés aux zones soudées. Une compréhension multi-échelle de la relation entre la métallurgie FSW, le comportement électrochimique de surface et l'efficacité de l'anodisation tartro-sulfurique colmatée à l'eau bouillante est ainsi établie.

Title : Impact of Friction Stir Welding on the microstructure and surface reactivity of Al-Cu binary alloys..

Keywords : FSW, AA2219, microstructure, corrosion

Abstract : Welding processes are increasingly used in the aeronautical industry, particularly to replace mechanical fasteners, which saves time, reduces weight, and lowers fuel consumption. The solid-state Friction Stir Welding (FSW) process has gained significant interest in recent decades due to its ability to overcome the limitations encountered in the fusion welding of aluminum alloys. Among the aluminum alloys used in aircraft, the 2xxx series (based on the Al-Cu system) is valued for its mechanical properties, which can be enhanced through precipitation heat treatment. Its poor weldability during fusion welding - particularly due to susceptibility to solidification hot cracking - makes it an ideal candidate for solid-state processes like FSW.
However, the severe thermomechanical cycles inherent to FSW generate sharp microstructural gradients that profoundly alter the local corrosion susceptibility of welded zones. Appropriate surface treatments are therefore necessary to protect FSW areas from corrosion. This doctoral thesis focuses on the impact of the FSW process on the microstructure and surface reactivity of the AA2219 alloy to evaluate the effectiveness of surface protection schemes intended for welded zones. A multi-scale understanding of the relationship between FSW metallurgy, surface electrochemical behavior, and the protective efficiency of Tartaric-Sulfuric Acid (TSA) anodization sealed *via* Hydrothermal Hot Water Sealing (HWS) is established.