



Proposition de thèse CIFRE

Modélisation et optimisation en milieu industriel de la température lors du soudage par friction malaxage FSW

La thèse proposée est une thèse CIFRE concernant la modélisation et l'optimisation de la température générée lors du soudage par friction malaxage (FSW) sur des applications industrielles (soudage d'alliages aéronautiques ou automobiles). Le laboratoire d'accueil est l'Institut de recherche en génie civil et mécanique (GeM, UMR CNRS 6183, <https://gem.ec-nantes.fr/>) et l'établissement d'inscription est l'ENS Rennes (<http://www.ens-rennes.fr/>). L'entreprise partenaire de cette thèse, STIRWELD (<https://stirweld.com/>), est une start-up technologique qui développe des solutions autour du FSW pour de grands donneurs d'ordre comme Ariane, Airbus ou Valéo.

CONTEXTE

Le FSW est aujourd'hui progressivement mis en œuvre pour réaliser des applications diverses dans des domaines variés tels que le spatial, l'aéronautique, l'automobile ou la transformation des matériaux. Afin d'augmenter la performance des assemblages et garantir une qualité optimale, il est nécessaire d'identifier, de modéliser et d'optimiser, entre autres, la chaleur générée lors du procédé de FSW.

Cette chaleur est générée par la friction outil-matière et le malaxage des matériaux. Pour un matériau donné, elle résulte de trois phénomènes physiques :

- Le frottement entre l'outil et la matière. Ce phénomène est gouverné principalement par la forme et la taille de l'outil de soudage FSW, la force de forgeage verticale et la vitesse de rotation.
- La déformation plastique du matériau autour de l'outil, dépendant des vitesses d'avance et de rotation ainsi que de l'énergie de soudage.
- La dissipation thermique par conduction dans la pièce à souder gouvernée essentiellement par l'épaisseur du matériau à souder.

Au niveau international, des équipes de recherche¹ travaillent déjà sur la compréhension et la modélisation de chacun de ces trois phénomènes mais peu d'initiatives portent sur l'unification des trois en raison de la complexité des modèles numériques mis en œuvre et les durées d'expérimentation très importantes pour mesurer de façon précise la température de soudage.

¹ RWTH Aachen University, TWI UK, University West Sweden, Technical University of Denmark

Dans ce contexte, l'équipe Procédés et mécanique des matériaux du GeM et Stirweld souhaitent mettre en place une approche originale pour à la fois unifier les trois phénomènes (frottement, déformation plastique et dissipation thermique) et prévoir la température de soudage en fonction de toutes les variables du procédé (et notamment les paramètres de soudage, la forme de l'outil et la nature des pièces à souder). Cette approche repose sur deux approches originales récemment développées par l'équipe d'encadrement de la thèse :

1. L'utilisation d'un modèle simplifié développé par le GeM afin de prévoir la chaleur générée par la forme de l'outil de soudage FSW. Ce modèle sera complété par un modèle analytique (ou quasi analytique) de transfert de chaleur dans la pièce à souder. Bien qu'une modélisation complexe par éléments finis sera utilisée dans cette thèse pour valider le modèle analytique, l'idée majeure est de simplifier le problème afin de prévoir la température de soudage en fonction de toutes les variables du procédé).
2. Le développement par Stirweld d'un système innovant et simple d'utilisation de mesure de la température de soudage en temps réel. Ce système permettra de réduire drastiquement les durées d'expérimentation qui est actuellement un des verrous majeurs pour tester l'influence de tous les facteurs.

OBJECTIFS DE LA THESE

L'objectif est d'aboutir à une modélisation permettant de prévoir la température de soudage en fonction de toutes les variables du procédé FSW : paramètres de soudage, forme et taille de l'outil, nature et épaisseur du matériau à souder. Cette prévision devra être fondée sur une modélisation analytique afin de permettre une utilisation industrielle. Elle permettra, à terme, d'optimiser la qualité de la soudure par une maîtrise du couplage des phénomènes physiques influents.

METHODE SCIENTIFIQUE

La thèse se déroulera selon les étapes suivantes :

1. Etude bibliographique sur les modélisations et expérimentations du procédé FSW
2. Elaboration d'un modèle analytique combinant les trois phénomènes à l'origine de la chaleur lors du FSW. Ce modèle pourra être complété par une simulation en éléments finis afin de contrôler les hypothèses simplificatrices.
3. Validation du modèle par l'expérimentation. Des essais de soudage FSW seront réalisés afin de faire évoluer toutes les variables du procédé (vitesses d'avance et de rotation, force de forgeage, forme et taille de l'outil, nature et épaisseur du matériau à souder) et mesurer les données de sortie : énergie et température de soudage. Une approche par COM (couple outil matière) sera utilisée.
4. Ajustement et validation du modèle analytique en fonction des résultats de l'expérimentation.
5. Rédaction d'articles scientifiques

PROFIL DE L'ETUDIANT.E RECHERCHE.E

Le.La candidat.e devra avoir une formation initiale en génie mécanique (Ecole d'ingénieur ou Université). Il.Elle devra également avoir de solides connaissances en modélisation thermique. Il.Elle devra être motivé.e, ingénieux.se et soucieux.se de développer ses compétences en soudage étant donné les nombreux essais qu'il faudra réaliser. De plus, en raison de la nature transversale du projet, un bon sens du travail en équipe est une compétence nécessaire.

Pour les conditions de la thèse CIFRE :
<http://www.anrt.asso.fr/fr/cifre-7843>

CONTACTS :

- Olivier Kerbrat
Maître de conférences HDR
Ecole normale supérieure de Rennes
Institut de recherche en génie civil et mécanique
02 99 05 52 75
Olivier.Kerbrat@ens-rennes.fr

- Laurent **DUBOURG**, Ph.D. – Eng.
PDG
STIRWELD
Tél. : 06 47 49 74 19
laurent.dubourg@stirweld.com