

Formation Spécialisée

MASTERE DMS

Design des Matériaux et des Structures

OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2023/2024

Encadrement

Luc Lacoste (SIRIUS), Christophe Colin, Sylvain Dépinoy et Yazid Madi (CDM-Mines Paris)

Titre

Optimisation de la microstructure et des propriétés mécaniques d'un bi-matériau issu de la fabrication additive pour application spatiale

Sirius Space Services

Sirius Space Services est une start-up française qui développe une gamme de lanceurs durables et réutilisables, dédiée au lancement de petits satellites. L'objectif du lanceur léger SIRIUS est de faire bénéficier les acteurs internationaux de l'industrie des nano, micro et minisatellites d'un placement en orbite rapide et précis de leurs produits. Après des premiers essais moteurs réussis, Sirius Space Services accélère son développement sur la fabrication additive métallique au travers d'un master DMS centré sur l'optimisation métallurgique d'organes de combustion !

Contexte

La fabrication additive métallique permet de maximiser les performances thermomécaniques d'organes de combustion d'un moteur de fusée tout en diminuant la masse, le délai d'approvisionnement et le coût de ces éléments. Néanmoins, de nombreuses optimisations restent encore à développer et les bi-matériaux en font partie. Les alliages de cuivre sont souvent utilisés pour ce type de pièce critique grâce à leurs propriétés d'échanges thermiques très élevées. Toutefois, leurs masses volumiques et le coût de la matière première est relativement élevé pour des propriétés mécaniques relativement restreintes. Les superalliages à base nickel sont quant à eux moins onéreux et couramment utilisés dans l'industrie spatiale pour leurs excellentes propriétés mécaniques à haute température. Ils présentent cependant des propriétés thermiques quinze fois inférieures à celles des alliages de cuivre.

La fabrication additive bi-matériau a pour objectif d'allier les atouts de ces deux familles d'alliage et ainsi améliorer la durée de vie et donc la réutilisabilité des organes de combustion d'un moteur de fusée.

Le stage vise à optimiser la microstructure d'un bi-matériau (alliage base nickel déposé sur un alliage cuivreux) via des traitements thermiques. Des caractérisations métallurgiques (MO, MEB, EDX, DRX, EBSD, dureté) permettront d'étudier l'effet de ces traitements thermiques sur la microstructure de la pièce. L'évolution du profil de composition chimique lié à l'interdiffusion ainsi qu'une éventuelle précipitation de phases à l'interface seront contrôlées, tout en assurant une microstructure optimale dans le reste du matériau. Des essais mécaniques (traction sur éprouvettes entaillées) permettront d'estimer qualitativement la résistance à la fissuration de l'interface. Enfin, l'impact d'un ou plusieurs cycles thermiques représentatifs de l'utilisation finale sur la microstructure sera étudié.

La matière de base sera fournie par Sirius Space Services et consistera en un substrat cuivreux, non traité, sur lequel sera déposé un superalliage base nickel. Les traitements thermiques, les caractérisations métallurgiques et les essais mécaniques seront effectués par le/la stagiaire au Centre des Matériaux.

Objectif et travail proposé

Ce stage se déroulera selon 4 grandes parties :

- **Caractérisation de la matière de réception** : l'état brut de fabrication du superalliage à base nickel, effet du cyclage thermique (lié à la déposition de la base nickel) sur l'alliage cuivreux, profils de concentration à l'interface bi-matériau, qualité de l'interface (présence de porosité par exemple) ;
- **Effet des traitements thermiques sur la microstructure** : différentes conditions de traitements thermiques basées sur la littérature seront étudiées dans l'objectif d'obtenir des microstructures homogènes et optimales pour chaque matériau tout en contrôlant l'interdiffusion à l'interface ;
- **Propriétés mécaniques de l'interface** : pour un set de traitements thermiques prometteurs, des essais de traction sur éprouvettes entaillées seront effectués. L'entaille usinée au niveau de l'interface permettra d'assurer une propagation de fissure interfaciale pour déterminer qualitativement l'effet du traitement thermique sur la résistance de cette interface ;
- **Effet du cyclage thermique sur la microstructure et les propriétés mécaniques** : après détermination de la condition de traitement thermique optimale pour la microstructure et les propriétés mécaniques, un cyclage thermique correspondant aux conditions en service des organes de combustion sera appliqué. Ainsi, la microstructure et les propriétés mécaniques seront caractérisées au fur et à mesure du nombre de cycle thermique appliqué afin de déterminer la durée de vie du bi-matériau en service.

Compétences et profil demandé

Le sujet convient à un candidat ayant un profil matériaux avec un goût prononcé pour le travail expérimental. Une connaissance des alliages de cuivre et des superalliages base Nickel serait un plus.

Conditions : Ingénieur et/ou Master recherche - Bon niveau de culture générale et scientifique. Bon niveau de pratique du français et de l'anglais. Bonnes capacités d'analyse, de synthèse, d'innovation et de communication. Qualités d'adaptabilité et de créativité. de la rigueur de l'autonomie et une grande force de proposition.