

PROPOSITION DE POST-DOCTORAT

Intitulé : Etude de l'influence des caractéristiques microstructurales sur la diffusion de l'oxygène dans les alliages TiAl

Référence : **PDOC-DMAS-2022-05**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début du contrat : 01/2023

Date limite de candidature : mi-12/2022

Durée : 12 mois, éventuellement renouvelable une fois - Salaire net : environ 25 k€ annuel

Mots clés

Alliages TiAl, Oxydation, Diffusion, Solidification Dirigée, SPS

Profil et compétences recherchées

Doctorat en Science des Matériaux

Présentation du projet post-doctoral, contexte et objectif

Cette proposition de projet post-doctoral entre dans le cadre du projet ANR DEMENTiAl, qui a débuté en janvier 2022, en collaboration avec les équipes du CEMES et du CIRIMAT ainsi qu'avec l'industriel SAFRAN.

Le projet vise à concevoir de nouvelles nuances d'alliages intermétalliques TiAl avec une résistance à l'environnement accrue à haute température, tout en conservant leurs avantages en termes de propriétés mécaniques à chaud. Ces alliages sont actuellement utilisés pour la fabrication d'aubes de turbine BP des turbomachines aéronautiques. Jusqu'à présent, les développements concernant ces alliages se sont essentiellement focalisés sur leurs propriétés mécaniques, en particulier sur l'amélioration de leur ductilité à basse température, sachant que ces matériaux intermétalliques présentent intrinsèquement une ductilité réduite à basse température. En effet, peu de travaux ont été menés sur la tenue à chaud et sur le long terme des alliages TiAl, notamment leur tenue en oxydation. Le projet DEMENTiAl se propose d'aborder cette problématique de l'oxydation des alliages TiAl en s'intéressant aux mécanismes de pénétration de l'oxygène qui sont pressentis pour altérer la tenue mécanique de ces alliages, notamment leurs propriétés en fatigue à chaud.

Concernant le projet post-doctoral, il est question d'étudier à l'échelle de la microstructure, l'influence de la morphologie des grains et notamment celle des joints de grains sur la diffusion de l'oxygène dans le matériau. Dans un premier temps, une étude prédictive de l'influence de la composition chimique sur l'évolution des caractéristiques microstructurales est à mener. Ces travaux seront réalisés à l'aide de calculs thermodynamiques (ThermoCalc) afin de pouvoir appréhender l'influence des éléments d'alliages sur les caractéristiques microstructurales telles que les phases présentes, la fraction de ces dernières, les températures de transformation, la stabilité des phases... Une attention particulière sera portée sur le rôle de l'élément O. Cette partie des travaux de calculs thermodynamiques sera réalisée en collaboration avec SAFRAN et CIRIMAT.

Dans un second temps, il s'agira de produire des microstructures « types » très différentes en termes de morphologie et de taille moyenne des grains. L'objectif est de mettre en lumière une éventuelle influence de ces paramètres microstructuraux sur la diffusion de l'oxygène et d'identifier les mécanismes régissant la diffusion de l'O. Pour ce faire, il est prévu de travailler sur deux microstructures génériques. La première est obtenue par une élaboration à partir de poudre métallique en TiAl et compactée par la technique de spark plasma sintering (SPS). Une telle élaboration devrait produire une microstructure fine contenant des grains lamellaires α_2/γ très fins de l'ordre de 100 μ m et des grains γ de l'ordre de 3 μ m. Les conditions paramétriques de SPS, en l'occurrence la température, la durée et la pression, pourront éventuellement être modulées pour affiner plus ou moins la microstructure. La seconde microstructure visée est de type

grains colonnaires très allongés. Cette dernière sera produite par la technique de solidification dirigée type Bridgman. Les travaux à réaliser dans cette partie de l'étude sont de plusieurs ordres :

- Une partie bibliographique sur les deux techniques d'élaboration, SPS et technique Bridgman, avec une attention particulière qui sera portée sur l'influence des paramètres machines sur la microstructure obtenue. Cet état de l'art devrait conduire à la proposition d'un plan d'expérience pour les deux techniques d'élaboration. Concernant la technique SPS, l'étude bibliographique devrait faire ressortir l'influence des paramètres SPS sur les caractéristiques telles que la taille de grain, les porosités résiduelles, microstructure duplex vs lamellaire,... En ce qui concerne la technique de four Bridgman, il est important de bien comprendre l'influence du couple G/V (Gradient thermique/Vitesse de tirage) sur la sélection de la microstructure et la maîtrise de l'orientation des grains colonnaires, notamment en se basant sur des modèles type NCU (Nucleation Constitutional Undercooling) ;
- Une phase de production des alliages à l'aide des deux techniques d'élaboration. Cette phase expérimentale consistera à la mise en application du plan d'expérience issu de l'étude bibliographique. Il est à noter que les essais SPS seront réalisés en collaboration étroite avec le CEMES. Concernant la partie four Bridgman, il s'agira de consolider les conditions expérimentales afin de pouvoir obtenir une microstructure colonnaire bien orientée. Pour ce faire, un travail sur la nature du creuset d'élaboration, les paramètres de tirage et la nature du germe est à réaliser.
- Les alliages ainsi élaborés seront caractérisés microstructuralement par les techniques de microscopies électronique à balayage et en transmission (MEB et MET) à l'état brut d'élaboration et après une exposition sous air à haute température. Il est question de pouvoir relier les paramètres microstructuraux tels que les fractions de phase, la fraction des joints de grains et la nature des interfaces aux caractéristiques de diffusion de l'O.

Collaborations extérieures

CEMES, CIRIMAT et SAFRAN

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département Matériaux et Structures Intitulé in extenso

Lieu (centre ONERA) : Châtillon et Palaiseau

Contact : Marc Thomas/ Zhao Huvelin

Tél. : 34475 / 34496

Email : marc.thomas@onera.fr et zhao.huvelin@onera.fr