

Sujet de stage M1 – 2024-2025 (stage gratifié, environ 650 €/mois)

Caractérisations avancées de matériaux thermoélectriques élaborés par fusion laser sur lit de poudres.

La consommation mondiale d'énergie a augmenté de manière significative depuis 50 ans et devrait augmenter dans les prochaines décennies. En outre, le besoin d'autres moyens de produire de l'électricité qui ne reposent pas sur les énergies fossiles s'amplifient, afin de faire face aux enjeux environnementaux et géopolitiques actuels. De nombreuses méthodes pour produire l'énergie impliquent de la chaleur et, en conséquence, des pertes de chaleur. Les matériaux thermoélectriques ont la capacité de transformer la chaleur en électricité ou, inversement, ils peuvent créer un flux de chaleur suite à l'application d'un courant électrique. Ces matériaux se présentent comme un moyen écologique de récupérer l'énergie à partir des pertes de chaleur et autres sources de chaleur. De plus, la fabrication additive a révolutionné les méthodes d'élaboration dans de nombreux domaines comme l'aéronautique, le militaire ou le médical. En particulier, la fusion laser sur lit de poudre (L-PBF pour Laser Powder Bed Fusion) est répandue dans l'impression de pièces métalliques complexes en petites et moyennes séries. Des techniques développées récemment ouvrent la voie à la production de nouveaux types de matériaux et de géométries via cette méthode, y compris les matériaux thermoélectriques (TE). L'alliage SiGe représente un matériau thermoélectrique intéressant pour les raisons suivantes :

- SiGe n'est pas toxique, il est « vert » est relativement abondant ;
- SiGe est un bon matériau TE pour la plage de températures élevées (600 à 1100°C → Générateurs Radioisotope TE (RTG), poêles à bois/granulés, applications industrielles, etc.) ;
- SiGe est un matériau TE bien connu, ce qui facilite la comparaison des résultats avec les références standard.

Le projet ANR FASTE (porté par le CEA de Grenoble et en partenariat avec l'Université de Lorraine) a pour but de développer et d'étudier la mise en forme d'un alliage SiGe par fusion laser sur lit de poudre par L-PBF. Les premiers essais de mise en forme ont montré la présence d'un nombre élevé de fissures au sein des pièces. Dans le cadre de ce projet une approche choisie pour limiter la fissuration consiste à ajouter des nanoparticules dans la poudre de départ. Le but de ces nanoparticules est de former des nanoinclusions solides dans le bain de fusion avant la solidification de la matrice. Ces nanoinclusions solides fourniraient des interfaces avec la phase liquide de SiGe sur lesquelles les germes de la future phase solide de SiGe peuvent se former. Cela permettrait lors de la solidification de former simultanément un plus grand nombre de grains et, par conséquent, de réduire la taille des grains. La réduction de la taille des grains dans le matériau augmente, à son tour, la densité de joints de grains. Les joints des grains aident à absorber les contraintes dans le matériau et augmenter leur nombre pourrait aider à limiter la fissuration des pièces ^[1,2].

Le stage portera sur la caractérisation avancée d'alliages SiGe élaborés par L-PBF et contenant des taux variables de nanoparticules (SiC, W, Mo) Les caractérisations à réaliser incluront la microscopie optique, la DRX, le MEB-EDX, l'EBSD. Les différents échantillons obtenus par L-PBF devront être préparés au préalable pour les caractérisations. En parallèle, des traitements thermiques à haute température seront effectués sur les alliages élaborés par L-PBF, afin d'évaluer l'impact sur la microstructure finale et les phénomènes de diffusion associés.

¹ J. W. Morris Jr., The influence of grain size on the mechanical properties of steel, mai 2001.

² X. Yuan et al., Dependence of Grain Size on Mechanical Properties and Microstructures of High Manganese Austenitic Steel, Procedia Engineering, 81 (2014) 143-148.

Moyens : machines de polissage et moyens de préparation métallographique ; caractérisations chimiques et microstructurales de la poudre et du matériau massif (MO, MEB-EDX, DRX, EBSD) ; fours de traitements à haute température.

Laboratoire : Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB) UMR-6303 (<https://icb.u-bourgogne.fr>)

Compétences : chimie et physique des matériaux

Montant forfaitaire mensuel de la gratification : 650 € environ

Contacts : Maria-Rosa Ardigo-Besnard maria-rosa.ardigo-besnard@u-bourgogne.fr - 0380396016

Sophie Le Gallet sophie.le-gallet@u-bourgogne.fr - 0380396163

Frédéric Bernard frederic.bernard@u-bourgogne.fr - 0380396125