

Sujet de thèse

Développement et optimisation d'un alliage d'aluminium à gradient de structure.

Directrice de thèse : Marie-Noëlle AVETTAND-FENOEL

Co-directeur de thèse : Xavier SAUVAGE

Date souhaitée de début de projet : **dès que possible**

La thèse s'inscrit dans le cadre du projet financé par l'ANR (<https://anr.fr/>) intitulé « SpinodalDesign » (consortium : GPM, Univ. Rouen, SIMAP, Univ. Grenoble, UMET, Univ. Lille) et dédié à la conception d'alliages d'aluminium innovants à ductilité et résistance mécanique accrues, *via* les transformations de phases (transformation spinodale, précipitation) et les gradients de structure.

L'objectif de la thèse est de concevoir un alliage d'aluminium à gradient de structure en combinant des gradients de composition et de déformation. Ces gradients seront développés *via* un procédé de déformation plastique sévère, à savoir le soudage ou le traitement de surface par friction-malaxage (FSW/P) appliqué à des empilements multicouches et combiné à des traitements thermiques. Les gradients de microstructure sur des échelles millimétriques devraient permettre d'atteindre des compromis limite d'élasticité/ductilité hors du commun. L'étude des relations structures/propriétés est au cœur de ce travail de thèse et permettra d'optimiser la conception des gradients.

La microstructure des matériaux développés (taille de grains, état de précipitation, état de déformation...) sera caractérisée à toutes les échelles par un large panel de techniques expérimentales allant de l'échelle macroscopique à l'échelle atomique (microscopies optique, électroniques à balayage (MEB) et à transmission (MET), diffraction des électrons rétrodiffusés (EBSD), diffraction des rayons X, sonde atomique tomographique (SAT)). Des essais de dureté et de traction couplée à de la corrélation d'images numériques permettront par ailleurs de caractériser mécaniquement les nouveaux alliages.

Les données obtenues permettront d'identifier les mécanismes de transformations de phases induites par la déformation et la température ainsi que les mécanismes de déformation des alliages gradés développés. La corrélation entre paramètres de procédé, microstructure et propriétés mécaniques conduira finalement à optimiser la conception.

Le/la doctorante participera à la mise en œuvre du procédé FSW/P. Il(elle) sera formé(e) pour être autonome pour la réalisation des essais mécaniques et la caractérisation microstructurale par microscopie optique, DRX et MEB. Une formation de base en MET et SAT sera dispensée.

Mots-clés : Alliages d'aluminium, Déformation plastique sévère, Microstructure, Transformations de phases, Propriétés mécaniques.

Profil recherché :

- Candidat(e) titulaire d'un diplôme d'ingénieur et/ou d'un master 2.
- Rigoureux(se), consciencieux(se), dynamique, curieux(se), créatif(ve) et coopératif(ve), avec un esprit de synthèse et une appétence marquée pour la recherche.
- Formation solide en science des matériaux et en métallurgie physique (transformations de phases et relations entre microstructure et propriétés mécaniques).
- Une expérience dans le cadre d'un projet impliquant de la caractérisation microstructurale, la mesure de propriétés mécaniques et une étude des relations structure/propriétés dans un alliage métallique serait fortement appréciée.
- Bonnes aptitudes à communiquer à l'écrit et à l'oral, et maîtrise de la langue anglaise.

Laboratoires d'accueil :

La thèse sera basée au laboratoire Unité Matériaux Et Transformations (UMET), UMR CNRS 8207, Groupe de Métallurgie Physique et Génie des Matériaux, Université de Lille. <https://umet.univ-lille.fr/>

Plus spécifiquement pour les études en MET et SAT, des séjours seront organisés au laboratoire Groupe de Physique des Matériaux, UMR CNRS 6634, Université de Rouen. <https://gpm.univ-rouen.fr/>

Dans le cadre du projet « SpinodalDesign », des déplacements auront lieu au laboratoire SIMAP, Grenoble <https://simap.grenoble-inp.fr/>

Pour la mise en œuvre du procédé FSW/P, de courts séjours seront organisés à l'Université catholique de Louvain, Belgique.

Dans le cadre de collaborations internationales en lien avec cette thèse, un séjour à l'Université de Kyushu (Japon) est envisageable.

Candidature (CV + lettre de motivation + bulletins de notes avec classement + 2 lettres de recommandation + copie de la pièce d'identité ou du passeport*) à transmettre à :

Marie-Noëlle AVETTAND-FENOEL, marie-noelle.avettand-fenoel@univ-lille.fr

Xavier SAUVAGE, xavier.sauvage@univ-rouen.fr

Jérémy BOUQUEREL, jeremie.bouquerel@centralelille.fr

** Pièce requise qui sera transmise avec le dossier de demande d'accès du candidat à l'UMET qui est classée Zone à Régime Restrictif.*

PhD topic

Development and optimization of an aluminum based alloy with graded structure.

PhD director: Marie-Noëlle AVETTAND-FENOEL

PhD co-director: Xavier SAUVAGE

Beginning of the project: **as soon as possible**

This work is a part of the ANR project entitled « SpinodalDesign » (consortium: GPM, Univ. Rouen, SIMAP, Univ. Grenoble, UMET, Univ. Lille) and dedicated to the design of innovating aluminum alloys with enhanced ductility and mechanical resistance through phase transformations (spinodal transformation, precipitation) and severe plastic deformation.

The aim of this PhD project is to design an aluminum alloy with a graded structure thanks to a combination of composition and deformation gradients. Such gradients will be achieved by a severe plastic deformation process called Friction Stir Welding/Processing and applied to a multilayered structure with thermal treatments. Resulting microstructural gradients extending at the millimeter scale should lead to unique combination of strength and ductility. The investigation of the relationship between structural features and the mechanical behavior is the core of the present project.

The microstructure of the processed materials (grain size, precipitation and strain states...) will be characterized by various experimental techniques at different scales (light microscopy, scanning electron microscopy (SEM), back scattered electron diffraction (EBSD), X-ray diffraction (XRD), transmission electron microscopy (TEM), atom probe tomography (APT). Some hardness tests as well as tensile tests coupled with digital image correlation will enable to characterize the mechanical properties of the graded alloys.

The set of data will be analyzed to identify the mechanisms of phase transformations induced by deformation and temperature as well as the mechanisms of deformation of the graded alloys. The correlation between process parameters, microstructure and mechanical properties will help to tune and optimize the design of the novel alloy.

The PhD candidate will participate to material processing using the FSW/P process. He(he) will be trained to carry out independently mechanical tests and microstructural characterization using optical microscopy, XRD and SEM. An additional basic training in TEM and APT will be also proposed.

Keywords: Aluminum alloys, Severe plastic deformation, Microstructure, Phase transformations, Mechanical properties.

Profile and requirements:

- Education: Master diploma.
- Interpersonal skills: Rigorous, conscientious, curious, dynamic, creative and with a marked interest for team work and research.
- Required skills:
 - Deep knowledge in materials science and physical metallurgy (phase transformations and relationships between microstructure and mechanical properties).
 - A previous experience in the field of microstructure characterization, mechanical testing and relationship between structures and properties in metallic alloys will be an asset.
 - High ability for oral and written communication.
 - Good level in French and English mandatory.

**Host laboratories :**

The project is based at laboratory Unité Matériaux Et Transformations (UMET), UMR CNRS 8207, Groupe de Métallurgie Physique et Génie des Matériaux, Université de Lille. <https://umet.univ-lille.fr/>

Specifically, for TEM and APT investigations, some short stays will be planned at Groupe de Physique des Matériaux, UMR CNRS 6634, Université de Rouen. <https://gpm.univ-rouen.fr/>

Within the framework of the « SpinodalDesign » project, some meetings will be also organized at SIMAP laboratory in Grenoble <https://simap.grenoble-inp.fr/>

FSW/P processing will be carried out at Université catholique de Louvain in Belgium where few stays are also envisioned.

Last, within the framework of international collaborations related to this project, a short stay at the University of Kyushu (Japan) might be organized.

Application:

Resume + cover letter + academic transcript with ranking + 2 letters of recommendation + copy of identity card or of passport* to send to:

Marie-Noëlle AVETTAND-FENOEL, marie-noelle.avettand-fenoel@univ-lille.fr

Xavier SAUVAGE, xavier.sauvage@univ-rouen.fr

Jérémie BOUQUEREL, jeremie.bouquerel@centralelille.fr

** Required document which will be transmitted with the file of access request of the candidate to UMET which is classified as restricted access zone.*