



Elaboration d'alliages à haute entropie à architecture contrôlée par extrusion de poudres

Direction de thèse : Catherine Cordier, Maître de conférences Univ. D'Artois,
catherine.cordier@univ-lille.fr

Co-encadrement : Touzin Matthieu, Maître de conférences ULille, matthieu.touzin@univ-lille.fr
Béclin Franck, Maître de conférences ULille, franck.beclin@univ-lille.fr

Laboratoire de Rattachement : Unité Matériaux et Transformations (UMET, UMR 8207 CNRS)

Co-financements : 50% ULille / 50% Région HDF

SUJET DE THESE

La conception d'alliages combinant une résistance mécanique élevée et une ductilité importante constitue un enjeu majeur pour la communauté scientifique. L'élaboration de microstructures dites « dual-phase » constitue une des pistes explorées. Ces microstructures associent deux phases. L'une présente une haute limite d'élasticité conjointe à une dureté élevée, ce qui confère au matériau des propriétés de résistance mécanique importantes. La deuxième phase présente une limite d'élasticité plus basse et une ductilité plus importante, ce qui permet de préserver une certaine capacité de déformation et donc de mise en forme.

Les Alliages à Haute Entropie (HEA en anglais) sont une classe d'alliages relativement nouvelle. Ils ont été décrits pour la première fois il y a une vingtaine d'années et font l'objet, depuis 10 ans, d'une recherche croissante dans le monde. Ils se distinguent des alliages classiques car ils ne sont pas constitués d'un élément majoritaire mais par plusieurs éléments (au moins 5) en proportion importante (entre 5 et 35%at.). La grande variété de compositions possibles conduit à un nombre important de microstructures et des propriétés (mécaniques, physiques, chimiques) pouvant être remarquables. Leur structure cristalline, et les propriétés mécaniques qui en découlent, dépendent étroitement de leur composition. Il est ainsi possible, en jouant sur celle-ci, de faire apparaître une deuxième phase, de structure et de propriété différentes. L'objectif de cette thèse est d'élaborer des alliages HEA biphasés (type dual-phase) présentant une microstructure architecturée. A l'heure actuelle, cette stratégie est essentiellement appliquée aux aciers. Quelques études concernant les HEA « dual-phase » existent mais il y en a peu et elles sont réalisées sur des HEA de composition chimique très différente du système que nous avons retenu.

Pour élaborer de tels matériaux, un procédé original sera développé. Il s'agit de l'extrusion à chaud d'un mélange de poudres non alliées. Ce procédé consiste à extruder à une température modérée un mélange de poudres d'éléments purs constituant l'alliage final, puis à réaliser un traitement thermique, à l'état solide, à plus haute température sur la pièce extrudée. Un tel procédé permet de s'affranchir des inconvénients liés aux méthodes classiques de fusion/coulée et de mise en alliage par broyage. De plus, l'étape d'extrusion de la poudre, en induisant de très fortes contraintes de cisaillement et de confinement, conduit à la déformation et à l'interpénétration des particules de poudre. Lors du traitement thermique, les phénomènes de diffusion à l'origine de la mise en alliage mais également de la cohésion mécanique entre les particules, sont alors amplifiés.

Après une étude bibliographique, le doctorant sélectionnera avec ses encadrants une composition d'alliage. Celle-ci servira à optimiser le procédé d'élaboration par extrusion-frittage réaction afin d'obtenir les microstructures voulues. Par la suite, cette composition sera ajustée en fonction des propriétés d'usage répondant aux problématiques industrielles. Outre le travail d'élaboration, une étude des propriétés mécaniques sera entreprise par microdureté et essai de traction ainsi qu'un suivi des microstructures par DRX et microscopie électronique (MEB et MET).

Date de recrutement envisagée : 1er Octobre 2024

Contact (adresse e-mail) : catherine.cordier@univ-lille.fr, matthieu.touzin@univ-lille.fr, franck.beclin@univ-lille.fr.

Remarques/commentaires supplémentaires : Le candidat devra être titulaire d'un Master 2 ou d'un diplôme d'ingénieur en sciences des matériaux. De solides connaissances dans le domaine des matériaux métalliques (techniques d'élaboration et de caractérisation structurale) seront appréciées. Le candidat devra avoir un goût prononcé pour le travail expérimental, des capacités de travail en équipe et devra faire preuve d'esprit d'initiative.

Les candidatures seront examinées par les 3 encadrants. Un entretien par visioconférence ou sur place vous sera proposé. De plus, les candidatures devront par ailleurs suivre la procédure de l'Ecole Doctorale SMRE de l'Université de Lille avec un dossier à retourner pour le 15 mai 2024.

Le poste se situe dans un secteur relevant de la protection du potentiel scientifique et technique (PPST) et nécessite donc, conformément à la réglementation, que votre arrivée soit autorisée par l'autorité compétente du MESR.



Development of high entropy alloys with controlled architecture by powder extrusion

Supervisor: Cordier Catherine, Assistant Professor, Univ. d'Artois, catherine.cordier@univ-lille.fr

Co-supervisor : Touzin Matthieu, Assistant Professor, ULille, matthieu.touzin@univ-lille.fr, Béclin

Franck, Associate Professor ULille, franck.beclin@univ-lille.fr

Laboratory: Unité Matériaux et Transformations (UMET, UMR 8207 CNRS)

Fundings: Full 3-year PhD grant (50% ULille / 50% Région HDF)

PhD thesis subject

The design of alloys combining high mechanical strength and significant ductility constitutes a major challenge for the scientific community. The development of so-called “dual-phase” microstructures is one of the avenues explored. These microstructures combine two phases. One has a high yield strength combined with high hardness, which gives the material significant mechanical resistance properties. The second phase has a lower yield strength and greater ductility, which makes it possible to preserve a certain capacity for deformation and therefore shaping.

High Entropy Alloys (HEA) are a relatively new class of alloys. They were described for the first time around twenty years ago and have been the subject of increasing research around the world over the past 10 years. They differ from conventional alloys because they are not made up of a majority element but of several elements (at least 5) in a significant proportion (between 5 and 35% at.). The wide variety of possible compositions leads to a large number of microstructures and properties (mechanical, physical, chemical) that can be remarkable. Their crystal structure, and the resulting mechanical properties, depend closely on their composition. It is thus possible, by playing on it, to bring out a second phase, with a different structure and property. The objective of this thesis is to develop two-phase HEA alloys (dual-phase type) presenting an architected microstructure. Currently, this strategy is mainly applied to steels. Some studies concerning “dual-phase” HEAs exist but there are few of them and they are carried out on HEAs with a very different chemical composition from the system we have chosen.

To produce such materials, an original process will be developed. This involves the hot extrusion of a mixture of unalloyed powders. This process consists of extruding at a moderate temperature a mixture of pure element powders constituting the final alloy, then carrying out a heat treatment, in the solid state, at a higher temperature on the extruded part. Such a process makes it possible to overcome the disadvantages linked to conventional methods of melting/casting and alloying by grinding. In addition, the powder extrusion step, by inducing very strong shear and confinement stresses, leads to the deformation and interpenetration of the powder particles. During heat treatment, the diffusion phenomena at the origin of the alloying but also of the mechanical cohesion between the particles are then enhanced.

After a bibliographic study, the PhD student will select an alloy composition with his supervisors. This will be used to optimize the production process by extrusion-sintering reaction in order to obtain the desired microstructures. Subsequently, this composition will be adjusted according to the usage properties responding to industrial issues. In addition, a study of the mechanical properties will be

undertaken by microhardness and tensile testing as well as monitoring of the microstructures by XRD and electron microscopy (SEM and TEM).

Planned recruitment date: October 2024

Contact (e-mail address): catherine.cordier@univ-lille.fr, matthieu.touzin@univ-lille.fr, franck.beclin@univ-lille.fr.

Additional remarks/comments: The candidate must hold a Master 2 or an engineering degree in materials science. Solid knowledge in the field of metallic materials (processing techniques and structural characterization) will be appreciated. The candidate should have a taste for experimental work, teamwork skills and should show initiative. All applications must be accompanied by transcripts of marks as well as the M1 and M2 classification, a CV and a cover letter.

The applications will be examined by the 3 supervisors, and further discussions will be carried out by videoconference or by an on-site meeting in Lille. Moreover, the applicants will also have to fill an administrative application, to be returned to the Doctoral School before the 15th of may 2024.

The position is located in a sector falling under the protection of scientific and technical potential (PPST) and therefore requires, in accordance with regulations, that your arrival be authorized by the competent authority of the MESR. »