Laboratoire UMET - UMR CNRS 8207
Université de Lille – Faculté des Sciences et Technologies
Cité Scientifique – Bât C6
F59655 Villeneuve d'Ascq cedex
FRANCE
umet.univ-lille1.fr

Sujet de thèse

Alliages à haute entropie pour revêtements hautes performances

Conceptualisés en 2004, les Alliages à Haute Entropie (HEA) contiennent un grand nombre d'éléments métalliques (> 4) en proportions égales ou voisines. La répartition aléatoire de ces éléments conduit à des structures désordonnées que l'on traduit en langage scientifique par « entropie de mélange élevée ». Cette entropie élevée favorise la formation de solutions solides multi-élémentaires plutôt que de nombreux composés intermétalliques. Ce désordre à l'échelle atomique confère à ces matériaux des propriétés uniques qui ne peuvent être atteintes avec les alliages conventionnels. En particulier, les HEA possèdent des duretés et des résistances au frottement améliorées tout en conservant une ductilité accrue. Ils présentent également des propriétés intéressantes en termes de tenue en température, d'hydrophobicité et de résistance à la corrosion. Ces excellentes propriétés permettent d'envisager des applications dans des domaines variés tels que l'automobile, la mécanique, l'aéronautique, l'énergie, l'emballage, le nucléaire ou encore la construction navale.

Leur fabrication par des méthodes usuelles est difficile car la répartition des éléments qui les composent n'est pas homogène lors des processus de coulée. De plus, leurs propriétés mécaniques rendent leur usinage difficile et compliquent leur utilisation pour la fabrication de pièces massives. Leur mise en œuvre sous forme de revêtements sur pièces finies semble donc une voie prometteuse pour des applications industrielles.

Cette thèse s'inscrit dans un projet européen (projet Interreg ALLIHENTROP) visant à développer des revêtements « hautes performances » à partir d'alliages à haute entropie. Ce sujet a pour objet d'élaborer des poudres HEA par mécanosynthèse. Celles-ci seront utilisées pour la fabrication des cibles qui serviront à nos partenaires pour réaliser des couches minces par PVD (< 1µm) ou épaisses par laser cladding (> 10µm).

La première étape consistera à optimiser les conditions de broyage (type de broyeur; température; cycles; contenu et nature du bol de broyage) de ces alliages en poudre dans le but d'atteindre les compositions et propriétés physico-chimiques recherchées. Ces alliages pourront être synthétisés en une ou plusieurs étapes à partir de poudres de métaux purs, d'alliages binaires ou ternaires. La caractérisation physico-chimique de ces poudres (composition et homogénéité chimiques, forme, taille et structure des grains de poudres, stabilité thermique) au cours des différentes étapes de l'élaboration permettra d'optimiser le procédé et de connaitre les caractéristiques finales des poudres. Enfin, la seconde étape sera relative à la fabrication de quantités de poudres suffisantes à la fabrication des cibles et des revêtements et à l'étude de ceux-ci.

L'analyse à l'échelle fine de la micro/nanostructure (MET, MEB, EBSD, Mössbauer, EDX, DSC, DRX) sera menée et mise en perspective avec les propriétés des poudres, cibles et revêtements.

Mots - clés : Alliages métalliques à haute entropie, microstructure, métallurgie des poudres, propriétés, revêtements.

Contact :
Dr. Catherine Cordier, Tél : +333 20 43 69 27; e-mail : catherine.cordier@univ-lille1.fr
Dr. Franck Béclin ; Tél : +333 20 33 71 24 ; e-mail : franck.beclin@univ-lille1.fr
Dr. Matthieu Touzin, Tél : +333 20 33 65 94 ; e-mail : matthieu.touzin@univ-lille1.fr

Informations :
Laboratoire UMET - site: http://umet.univ-lille1.fr/

Profil des candidats

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 gout prononcé pour le travail expérimental, des capacités de travail en équipe et devra faire preuve d'esprit d'initiative.

Toute candidature devra être accompagnée d'un bulletin de notes ainsi que du classement en M1 et M2.

Laboratoire UMET - UMR CNRS 8207
Université de Lille – Faculté des Sciences et Technologies
Cité Scientifique – Bât C6
F59655 Villeneuve d'Ascq cedex
FRANCE
umet.univ-lille1.fr

PhD proposal

High Entropy Alloys for high performance coating

Created in 2004, High Entropy Alloys (HEA) with complex composition, contain a large number of metallic elements (> 4) in equal or nearby proportions. The random distribution of these elements leads to muddled structures called "High Entropy of Mixture" in scientific language. These alloys own a High Entropy which favours the formation of multi-elementary solid solution rather than numerous intermetallic compounds. This disorder in the atomic scale confers to these materials some unique properties, which cannot be reached with the conventional alloys. In particular, the HEA possesses hardness and improved fiction resistances while having a greater ductility. They also present interesting properties as heat resistance, hydrophobicity and corrosion resistance. These excellent properties make it possible to envisage applications in fields such as the automobile, mechanics, aeronautics, energy, packaging, nuclear or shipbuilding. However, they cannot be processed by usual methods because the distribution of the chemical elements is not homogeneous during the casting processes. Theirs properties make them difficult to be mechanically manufactured and complicate their use to create massive pieces. Their use to form coatings is thus a promising way for their industrial applications.

This PhD thesis, which is part of a project with European partners (Interreg ALLIHENTROP project), aimed at developing "high performance" coatings from high entropy alloys. Its purpose is to process HEA powder by mechanical alloying. This powder will be used for the production of the targets necessary for the synthesis of thin (PVD, < 1 µm) and thick layers (laser cladding, > 10 µm).

Thus, the first step consists in optimizing the elaboration conditions (nature of the mill, temperature, cycle, chemical composition and microstructure of the vial) of these powder alloys in order to obtain the targeted composition and physical-chemical properties. These alloys can be synthesized in one or several stages from powders of pure metals, or binary or ternary alloys. The physical-chemical characterization of these powders (chemical composition and homogeneity, form, size and structure of the grains of powders, thermal stability) during the various elaboration steps allows the optimization of the process and the determination of the final powder characteristics. The second step is to synthesis enough powder to elaborate targets and coatings which will be, additionally, characterised.
The analysis at a fine scale of the micro / nanostructure, by means of TEM, EBSD, SEM, optical microscopy, XRD, Mössbauer spectrometry, will be performed on the powders, targets and coatings, and compared.

Keywords: High Entropy Alloys, Microstructure, powder metallurgy, properties, coating

Contact :
Dr. Catherine Cordier, Tél : +333 20 43 69 27; e-mail : catherine.cordier@univ-lille1.fr
Dr. Franck Béclin ; Tél : +333 20 33 71 24 ; e-mail : franck.beclin@univ-lille1.fr
Dr. Matthieu Touzin, Tél : +333 20 33 65 94 ; e-mail : matthieu.touzin@univ-lille1.fr

Information :
Laboratoire UMET - site: http://umet.univ-lille1.fr/

Profile of the candidates

The candidate will own a Master degree in materials science or physics. A good knowledge in the field of the metallic materials (elaboration techniques, structural characterisation) would be appreciated. The candidate will have a good interest in experimental work, teamwork ability and will show individual initiatives.

The candidacy will have to be accompanied by CV, school report as well as a classification about the last 2 years in Master or engineering studies.