

Proposition de thèse CIFRE

Conception et caractérisation d'alliages métalliques complexes pour revêtements résistants à l'usure

Contexte et objectifs

Framatome conçoit et construit des centrales nucléaires et fournit des services de maintenance des réacteurs. Certains composants du circuit primaire sont revêtus d'une couche métallique dure permettant de résister à diverses sollicitations de surface. Ces revêtements sont réalisés en alliages de la famille Stellite, majoritairement composés de cobalt et de chrome. Les conditions normales d'usure et/ou de corrosion de ces revêtements conduisent à la libération dans le circuit primaire de faibles quantités d'éléments métalliques. Parmi eux le cobalt, en passant dans les zones irradiées de la centrale, s'active en formant l'isotope ^{60}Co , qui devient alors la principale source de contamination radioactive du circuit primaire. Framatome cherche ainsi à remplacer les alliages de la famille Stellite par des matériaux ne contenant pas de cobalt, présentant des propriétés similaires en termes de résistance mécanique statique et de tribocorrosion et pouvant être déposés par des procédés voisins du soudage. Divers alliages à base de fer et/ou de nickel ont déjà été proposés et évalués en laboratoire (Colmonoy, Nucalloy, Tribaloy, Eutroloy, Norem, Nitromax...), mais aucun ne donne pleine satisfaction, d'où la nécessité de concevoir et développer de nouveaux matériaux.

Description du sujet

La stratégie envisagée consistera à :

- (1) Poursuivre un travail déjà amorcé visant à établir de manière prédictive les relations entre composition, microstructure (précipités, éléments en solution solide, énergie de faute d'empilement...), aptitude à la mise en œuvre (soudabilité), propriétés conventionnelles (dureté, limite d'élasticité, ductilité, résistance à la corrosion...) et propriétés complexes spécifiques aux applications envisagées (tribocorrosion). Cette étape computationnelle se fera par fouille de données (intelligence artificielle / machine learning) et par thermodynamique prédictive (méthode Calphad / logiciel Thermo-Calc) sur les alliages existants. Les outils prédictifs ainsi développés seront alors exploités par algorithmes génétiques multi-objectifs pour concevoir de nouveaux alliages présentant les meilleurs compromis possibles entre les diverses caractéristiques requises.
- (2) Sélectionner un ensemble d'alliages candidats issus de la conception, les élaborer en laboratoire par coulée en nacelle froide et les évaluer expérimentalement. La caractérisation microstructurale (nature, morphologie, taille et répartition des phases...) sera basée sur l'utilisation des techniques associées au MEB (EDS, EBSD) ou MET, complétée par l'analyse des phases (diffraction des rayons X, analyse d'image). La caractérisation mécanique multi-échelle comprendra la nano-indentation, des mesures de dureté et des essais mécaniques en température (compression de 25°C à 350°C). Enfin, les matériaux les plus prometteurs seront soumis à des essais de tribologie (frottement, usure), de corrosion et de tribocorrosion dans des conditions proches de celles de l'utilisation industrielle.

Lieux

L'étape (1) de la thèse, d'une durée approximative d'un an, se déroulera à l'Institut des Matériaux de Nantes (IMN, UMR 6502, Université de Nantes - CNRS). L'étape (2) du travail, d'une durée approximative de deux ans) aura lieu au Laboratoire Georges Friedel (LGF, UMR 5307, MINES Saint-Étienne - CNRS). Des missions ponctuelles au Centre Technique de Framatome, Le Creusot, sont à prévoir.

Conditions administratives

Thèse CIFRE Framatome à partir de l'automne 2019.
Inscription en thèse à l'Université de Nantes.

Profils recherchés

Master 2 ou ingénieur en matériaux avec :

- de bonnes notions de métallurgie (diagrammes de phases, microstructures, transformations à l'état solide, propriétés mécaniques...);
- des bases en programmation informatique ;
- un intérêt à la fois pour le travail expérimental et numérique ;
- un bon niveau d'anglais ;
- du dynamisme, de la rigueur, de l'autonomie et de l'initiative, ainsi que des aptitudes pour le travail en équipe ;
- un bon relationnel.

Contacts

Franck TANCRET (directeur de thèse)
IMN – Université de Nantes
franck.tancret@univ-nantes.fr

Anna FRACZKIEWICZ (co-directrice de thèse)
LGF – École des Mines de Saint-Étienne
anna.fraczkiewicz@emse.fr

Jean DHERS
Framatome
jean.dhers@framatome.com