

Thèse CIFRE : Développement de nuances optimisées pour la fabrication additive à fort taux de dépôt

Contexte :

Aujourd'hui, les techniques de fabrication additive arc-fil WAAM permettent d'obtenir des composants de dimensions métriques. Ces techniques pourraient être utilisées pour différentes applications, allant de l'ajout de fonction sur des pièces forgées, à la fabrication des très gros composants utilisés pour les réacteurs nucléaires du futur (Advanced Modular Reactor, Génération IV). Ces techniques permettraient, en complément le dépôt de revêtements, afin de combiner plusieurs propriétés (résistance mécanique, à l'irradiation, à la corrosion...). Ceux-ci pourraient présenter un gradient de chimie afin d'assurer la compatibilité métallurgique.

Pour fabriquer des composants d'une telle taille dans des délais raisonnables il est nécessaire d'atteindre de très forts taux de dépôts et une productivité élevée. L'augmentation du taux de dépôt s'accompagnera nécessairement d'une diminution des vitesses de refroidissement. La diminution des vitesses de refroidissement entraînant dans la plupart des cas, la baisse des propriétés mécanique de rupture en provoquant la formation de microstructures indésirables. D'autre part, le ou les revêtements envisagés auront une composition chimique différente du métal constituant la structure (par exemple revêtement austénitique sur acier faiblement allié), ce qui conduira à la formation de zones de mélange créées par dilution lors du dépôt. Les microstructures formées et les propriétés de ces zones sont mal connues pour les couples de matériaux innovants envisagés, du fait de leurs compositions intermédiaires.

Un certain nombre de modèles phénoménologiques ont été développés pour le soudage dans la littérature (abaques de l'IRSID, modèles de Grong et Rykalline [1], modèle PREVERT [2], modèle de Li [3]...) afin de permettre d'anticiper les transformations métallurgiques en fonction des paramètres de soudage et de la composition chimique sans avoir recours aux calculs éléments finis.

Ces modèles ne prennent pas en compte les nouvelles technologies permettant d'atteindre des taux de dépôt élevés, et ils ne sont établis que dans des gammes restreintes de composition chimique.

Description de la mission :

La thèse aura pour objectif d'améliorer les modèles existants afin d'intégrer les paramètres liés aux forts taux de dépôt et d'élargir la gamme de composition chimique valide pour intégrer les différentes compositions de métaux déposés faiblement alliés et les mélanges intermédiaires pouvant apparaître lors du dépôt de revêtements. L'objectif final étant d'être capable de proposer, grâce à ces modèles, des conditions de dépôt et des compositions chimiques permettant de présumer de bonnes propriétés mécaniques.

Pour cela, le travail sera découpé en plusieurs grandes étapes :

- Étude bibliographique afin d'identifier les modèles existants et les liens entre paramètres de fabrication, chimie et microstructure
- Réalisation et caractérisation de maquettes à fort taux de dépôt
- Acquisition des données nécessaires à l'établissement des modèles :
 - o Essais de dilatométrie sur différentes nuances de métaux déposés
 - o Dépôt de différents revêtements pour caractériser les zones de dilution
- Mise au point d'un ou plusieurs modèles liant paramètres de dépôt, composition chimique, et comportement métallurgique

- Identification de nouvelles nuances et éventuelle adaptation des compositions de revêtements, puis test par des fabrications en laboratoire

La thèse se déroulera en partenariat avec le laboratoire MATEIS de l'INSA de Lyon, qui assurera la direction de la thèse, et Framatome.

Profil souhaité :

Formation en science des matériaux, métallurgie (diplôme d'ingénieur ou équivalent) avec un fort intérêt pour les essais expérimentaux et l'observation. Connaissances en métallurgie des aciers, traitements thermiques. Une expérience en fabrication additive WAAM ou en soudage sera un plus.

Le/la doctorant/e devra également faire preuve de rigueur, d'autonomie, d'esprit de synthèse et de qualités personnelles démontrant son aptitude à travailler en équipe.

Niveau de formation souhaité : BAC +5

Date souhaitée de début de mission : début 2023

Durée : 3 ans

Lieu de la thèse : principalement à EDF Lab les Renardières, département MMC, Moret sur Loing, des périodes au laboratoire MATEIS de l'INSA de Lyon sont à prévoir

Contact :

Envoyer CV et lettre de motivation à Flore VILLARET, flore.villaret@edf.fr 07 61 15 35 74

Références :

[1] O. Grong, *Metallurgical Modelling of Welding*, Second edition. London: The institute of materials, 1994.

[2] P. Chevalier et P. Maynier, « Le PREVERT : modèle de prévision des caractéristiques mécaniques des aciers. Synthèses entres théories, expériences et statistiques. », *Int. Fr. Trait. Therm.*, 1990.

[3] M. V. Li, D. V. Niebuhr, L. L. Meekisho, et D. G. Atteridge, « A computational model for the prediction of steel hardenability », *Metall. Mater. Trans. B*, vol. 29, n° 3, p. 661-672, juin 1998, doi: 10.1007/s11663-998-0101-3.