

Monsieur Jules L'HOSTIS

Spécialité "Chimie des matériaux - UMET - IPS"

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Évolution de la microstructure d'un acier inoxydable martensitique élaboré par fabrication additive arc-fil : couplage entre expérience et modélisation

dirigés par Monsieur Ludovic THUINET et Madame Marie-Noëlle AVETTAND-FENOEL

Soutenance prévue le **mercredi 09 avril 2025** à 13h00

Lieu : Institut Chevreul Cité scientifique Avenue Paul Langevin 59655 Villeneuve d'Ascq

Salle : Amphithéâtre Chevreul

Composition du jury proposé

M. Ludovic THUINET	UMET / Centrale Lille	Directeur de thèse
Mme Hélène ZAPOLSKY	GPM / Université de Rouen	Rapporteuse
M. Damien FABREGUE	MATEIS / INSA Lyon	Rapporteur
Mme Marie-Noëlle AVETTAND-FENOEL	UMET / Université de Lille	Co-directrice de thèse
M. Pascal PAILLARD	Institut des matériaux Jean Rouxel / Université de Nantes	Examineur
M. Michel PIETTE	Vallourec	Invité

Mots-clés : fabrication additive arc-fil, champ de phase, acier inoxydable martensitique,,

Résumé :

Cette étude vise à comprendre les mécanismes de formation et d'évolution à l'état solide de la microstructure d'un acier inoxydable martensitique lors de son élaboration par fabrication additive arc-fil (WAAM) instrumentée en température par des thermocouples. Des murs fins ont ainsi été édifiés en optimisant les paramètres de procédé pour maximiser la reproductibilité des cycles thermiques. La microstructure ainsi que les propriétés mécaniques des pièces ont ensuite été caractérisées à l'échelle du mur, des couches et au sein des couches. Trois zones macroscopiques ont pu être identifiées dans les murs en fonction des conditions thermiques : la zone supérieure, complètement réausténisée lors du dépôt de la dernière couche, la zone médiane, ayant subi au moins un revenu et la zone inférieure, sous l'influence thermique du substrat. Les pièces sont majoritairement constituées de martensite en lattes et une faible fraction d'austénite inter-lattes a été détectée dans la zone médiane. Des ségrégations chimiques aux échelles mésoscopique et atomique ont pu être observées dans les zones supérieure et médiane du mur. Une forte différenciation microstructurale s'opère lors du 3^e réchauffage d'une couche, menant à des oscillations périodiques de la dureté du mur selon sa direction d'édification, qui peuvent être expliquées par les différents degrés de revenu de la martensite. Des mécanismes sont proposés pour expliquer les différentes évolutions microstructurales durant l'élaboration. De plus, un modèle champ de phase permettant de simuler l'évolution de la microstructure d'un acier martensitique lors du procédé WAAM a été développé. Ce modèle a été couplé avec une base de données de type CALPHAD afin de déterminer les grandeurs thermodynamiques requises pour mener des simulations relatives à la nuance Er410 NiMo et ce, pour l'ensemble des températures balayées lors des cycles thermiques mesurés expérimentalement. Ces mêmes cycles thermiques ont été utilisés directement comme données d'entrée du modèle. Ce type de couplage a également permis de simuler le partitionnement du carbone entre la martensite et l'austénite lors de certaines étapes du procédé, ce qui a en particulier nécessité le développement d'un algorithme multi-pas de temps pour traiter à la fois les mécanismes diffusifs et diffusifs mis en jeu. Le modèle ainsi obtenu a permis de mettre en évidence un certain nombre de résultats, comme l'influence significative des conditions aux limites élastiques adoptées ou l'importance de prendre en compte les cycles thermiques réels. De plus, une forte dépendance de la ségrégation du carbone à l'agencement local des différents variants de martensite est constatée. Ce résultat illustre l'intérêt d'avoir recours à un modèle de type champ de phase, puisque celui-ci permet la prise en compte de morphologies complexes telles que celles rencontrées dans les microstructures martensitiques.