

Offre de stage de master 2

Effets de la séquence du traitement thermique sur la précipitation et la décomposition spinodale de la ferrite d'un acier inoxydable moulé de type CF3

Informations générales

Etablissement d'accueil : Université de Rouen Normandie

Laboratoire d'accueil : Groupe de physique des matériaux (GPM – UMR 6634 CNRS)

Lieu de travail : UFR Sciences et Techniques, Campus du Madrillet, Saint-Etienne du Rouvray

Durée du stage : 5/6 mois

Rémunération : Gratification selon grille en vigueur

Niveau d'études souhaités : Master 2 en science de la matière, métallurgie ou Physique de la matière condensée ou Physique/Chimie des matériaux

Sujet

Framatome est un acteur majeur du secteur nucléaire, spécialisé dans la fourniture d'équipements, de services et de combustible, avec des exigences élevées en matière de sûreté et de performance. L'établissement Framatome Le Creusot Forge (FLC) est notamment chargé de la fabrication d'un composant en acier inoxydable austénitique moulé (type CF3) entrant dans la conception du circuit primaire des chaudières nucléaires. Dans ce contexte, l'amélioration des propriétés mécaniques des pièces produites constitue un levier essentiel pour garantir la sûreté et la fiabilité des installations.

Le composant étudié est une pièce de fonderie soumise à une séquence de traitements thermiques comprenant une hypertrempe suivie d'un traitement de stabilisation. FLC s'intéresse particulièrement à l'évolution de la microstructure austéno-ferritique lors de ces différentes étapes. Le traitement d'hypertrempe détermine, pour une composition donnée, la fraction de ferrite, sa composition chimique, ainsi que le gradient de composition entre ferrite et austénite après refroidissement. Lors de ce refroidissement, la précipitation de phases telles que la phase sigma et les carbures $M_{23}C_6$ peut survenir. Le traitement de stabilisation, quant à lui, influence la stabilité de la ferrite et peut conduire à sa décomposition spinodale. Un plan d'expérience a été élaboré en amont afin de permettre une investigation approfondie de l'influence de la séquence de traitements thermiques sur la microstructure

Le premier objectif sera de caractériser les échantillons issus de l'hypertrempe, en développant une méthodologie pour évaluer la fraction de ferrite et l'effet de la température d'hypertrempe sur cette fraction. Une attention particulière sera portée à la détection de la phase sigma sur des échantillons refroidis lentement, en s'appuyant sur des données complémentaires déjà acquises par FLC.

L'objectif principal du stage est la caractérisation de la décomposition spinodale de la ferrite. Pour cela, la sonde atomique tomographique est utilisée afin de quantifier les paramètres caractéristiques de la spinodale (longueur d'onde et amplitude de concentration). Ces résultats alimentent un modèle de prédiction de l'augmentation de la dureté de la ferrite, qui doit être validée par des mesures de microdureté, dont le protocole doit être établi. Une fois la causalité entre la dureté et la décomposition spinodale confirmée, les mesures de microdureté sont utilisées pour suivre l'évolution de la cinétique de la spinodale. Enfin, l'austénite

doit faire l'objet d'une investigation. Des observations antérieures montrent une diminution inattendue de sa dureté lors du traitement de stabilisation, contrairement à ce que rapporte la majeure partie de la littérature. Il convient d'abord de le vérifier. Un travail approfondi visant à l'expliquer est attendu.

Mots clés : Alliage CF3, traitement thermique, décomposition spinodale, sonde atomique tomographique, microscopie électronique à balayage et à faisceaux d'ions focalisé, microdureté

Compétences et connaissances

- Très bonnes connaissances en thermodynamique, diffusion et transformations de phases dans les alliages
- Savoir analyser, synthétiser et présenter clairement les résultats, à l'écrit (rapport de stage) et à l'oral (soutenance)
- Appétence pour la recherche bibliographique pour situer son travail dans le contexte scientifique
- Avoir un esprit critique et savoir mobiliser ses connaissances scientifiques pour analyser les résultats

Candidature

Les candidats doivent envoyer un CV, une lettre de motivation et le bulletin de notes du M1 à Cristelle Pareige Cristelle.pareige@univ-rouen.fr.