

# Évolution des microstructures au cours d'un recuit dans un acier inoxydable superduplex : caractérisation et modélisation

Damien TRESALLET

Sous la direction de Muriel Véron et Hugo Van Landeghem

Lundi 16 décembre 2019 à 10h00

Amphithéâtre Jean Besson (Phelma-Campus)

## Jury :

Monsieur Alain HAZOTTE, Professeur, Université de Lorraine, LEM3, Rapporteur

Monsieur Mohamed GOUNE, Professeur, Université de Bordeaux, ICMCB, Rapporteur

Monsieur Benoît APPOLAIRE, Professeur, Université de Lorraine, IJL, Examineur

Monsieur Emmanuel RIGAL, Ingénieur de Recherche, CEA Grenoble LITEN, Examineur

Monsieur Jean-Denis MITHIEUX, Ingénieur de Recherche, APERAM Isbergues, Invité

**Résumé :** Les aciers inoxydables superduplex sont des alliages à hautes performances qui combinent de hautes propriétés mécaniques à une excellente résistance à la corrosion par piqûres et sous contraintes. La conception de nouvelles nuances aux propriétés améliorées nécessite le contrôle de la microstructure et des transformations de phases survenant au cours du procédé de fabrication. En particulier, une succession d'étapes de déformation par laminage donnent aux phases la morphologie typique des aciers duplex laminés, une alternance de bandes de ferrite ( $\delta$ ) et d'austénite ( $\gamma$ ). A l'issue du laminage à froid, un recuit à une température de l'ordre de 1100°C confère à l'alliage les propriétés recherchées. A cette température, les deux phases sont en proportions équivalentes, mais la microstructure en bandes évolue en une structure plus équiaxe et plus épaisse en quelques dizaines de secondes. Les mécanismes entraînant ces évolutions microstructurales lors d'un recuit ont été étudiés dans ces travaux de thèse.

Un acier inoxydable superduplex modèle Fe-Cr-Ni-Mo-N a été produit par un procédé semi-industriel et fourni sous la forme de tôles laminées à froid. Sa microstructure a été étudiée à l'issue de recuits isothermes effectués à une température comprise entre 1060 et 1180°C jusqu'à 300 s. L'équilibre thermodynamique des fractions des phases est atteint au cours des premières dizaines de secondes de maintien en température. Un épaissement global de la microstructure et un amincissement local des bandes ont été mis en évidence. Ces amincissements sont induits par le mouillage des joints de grains émergeant aux interfaces austénite/ferrite similairement à la théorie de gravure thermique de sillons et peuvent conduire au fractionnement. La coalescence de la microstructure a également été identifiée par une analyse quantitative.

La morphologie complexe des phases de l'alliage superduplex donne lieu à des hétérogénéités morphologiques lors du recuit. Les joints de macles  $\Sigma 3$  ( $\langle 111 \rangle$ , 60°) présents dans l'austénite sont faiblement énergétiques et sont peu affectés par la gravure thermique de sillons. Cependant, les différences d'énergie entre joints de grains n'expliquent pas l'ensemble des hétérogénéités observées, et la morphologie des interfaces à l'état initial s'est révélée prépondérante. Grâce à une collaboration, un outil de simulation numérique par champs de phases a été actualisé pour modéliser l'évolution

d'interfaces austénite/ferrite de diverses morphologies au cours d'un recuit. Le couplage du mouillage des joints de grains et de la coalescence entraîne une évolution rapide de la microstructure. L'interaction de joints de grains voisins rend possible la stabilisation locale d'une interface, mais la coalescence de la microstructure se poursuit en raison des différences de courbure qui existent entre les interfaces d'une même bande, et celles de bandes voisines.