

Proposition de projet de Mastère spécialisé

Design des Matériaux et des Structures

Année 2019-2020

Société partenaire : Safran

Lieu de réalisation de l'étude Centre des Matériaux et Safran Aircraft Engines

Encadrement

Lionel Marcin (Safran), Vincent Maurel et Henry Proudhon (Centre des Matériaux -Mines ParisTech)

Titre

Caractérisation et modélisation du rôle des défauts microstructuraux sur les propriétés en fatigue de superalliages base nickel de fonderie.

Mots-clés

Fonderie, Fatigue, Endommagement, Microtomographie

Contexte de l'étude

Les alliages de fonderie sont utilisés pour la fabrication de pièces moteurs tels que les aubes, les distributeurs et les carters. Du fait du procédé de fonderie, les propriétés mécaniques des pièces de fonderie sont impactées par la présence d'hétérogénéités microstructurales. Le procédé et le traitement thermique associé jouent un rôle sur la microstructure (taille, morphologie des grains, orientations cristallographiques, ...) et les défauts (pores, oxydes, inclusions). L'enjeu est de limiter le nombre de pièces rebutées du fait du non-respect des critères de santé matière inscrits dans la documentation technique Safran.

La microtomographie aux rayons X est une méthode non destructive de caractérisation 3D. Elle est basée sur l'interaction entre le faisceau de rayons X et la matière. En science des matériaux, cette méthode a connu un large essor au cours de ces dernières années dans le but de caractériser et quantifier les mécanismes d'endommagement. Par ailleurs, des calculs par éléments finis sur les défauts réels reconstruits à partir des tomographies peuvent être mis en œuvre afin de mieux comprendre les mécanismes d'amorçage à partir des champs mécaniques locaux.

Objectif et travail demandé

Ce travail vise à étudier l'influence des défauts sur la tenue en fatigue des alliages de fonderie. Il s'agira de quantifier la nocivité des différents défauts selon leurs caractéristiques géométriques (taille, position, densité, morphologie). Dans le but d'améliorer la compréhension du lien procédé-propriétés, des modélisations par éléments finis sur défauts réels obtenus par analyse d'images seront réalisées.

Les grandes étapes du stage sont les suivantes :

- Analyse bibliographique portant sur l'impact des défauts (porosité sphérique ou micro-retassure...) sur les propriétés en fatigue d'alliage base nickel;

- Réalisation de simulation numérique s'appuyant sur la microtomographie aux rayons X;
- Compréhension des mécanismes d'amorçage en fonction de la taille, la position, la morphologie des défauts

Si les résultats du stage sont satisfaisants, une thèse portant sur la mise en place d'un modèle de tenue mécanique s'appuyant sur des simulations « forces brutes » basées images est envisagée.

Profil demandé

De bonnes connaissances en mécanique des matériaux et des structures. Une connaissance en métallurgie est un plus. Autonomie et force de proposition

Références bibliographiques

[1] Redik, Sabine, Tauscher, Markus, et Grün, Florian, « Mechanisms of fatigue-crack initiation and their impact on fatigue life of AlSi7 die-cast components », *MATEC Web of Conferences*, vol. 12, p. 03003, 2014.

[2] V.-D. LE, « Etude de l'influence des hétérogénéités microstructurales sur la tenue en fatigue à grand nombre de cycles des alliages d'aluminium de fonderie », Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2016.

[3] J.-Y. Buffiere, S. Savelli, P. H. Jouneau, E. Maire, et R. Fougères, « Experimental study of porosity and its relation to fatigue mechanisms of model Al-Si7-Mg0.3 cast Al alloys », *Materials Science and Engineering: A*, vol. 316, n° 1, p. 115-126, 2001.

[4] S. Dezecot, V. Maurel, J.-Y. Buffiere, F. Szymtka, et A. Koster, « 3D characterization and modeling of low cycle fatigue damage mechanisms at high temperature in a cast aluminum alloy », *Acta Materialia*, vol. 123, p. 24-34, 2017.

[5] Y. Liu, M. Kang, Y. Wu, M. Wang, H. Gao, et J. Wang, « Effects of microporosity and precipitates on the cracking behavior in polycrystalline superalloy Inconel 718 », *Materials Characterization*, vol. 132, p. 175-186, 2017.

[6] Y. Liu *et al.*, « Crack formation and microstructure-sensitive propagation in low cycle fatigue of a polycrystalline nickel-based superalloy with different heat treatments », *International Journal of Fatigue*, vol. 108, p. 79-89, 2018.