

Impact des zones à gradient de microstructure sur les propriétés mécaniques de superalliages à base de Ni

Les superalliages base Ni polycristallins sont très largement employés pour la fabrication des parties tournantes des turboréacteurs aéronautiques et des turbomoteurs pour hélicoptères [1, 2]. Ces alliages sont pour la plupart durcis par des précipités cohérents γ' (alliages AD730, Udimet 720Li, René 65, Waspaloy, ...) ou γ'' (alliage Inconel 625) ou les deux (alliages Inconel 706 ou Inconel 718) [1, 2]. Lors d'utilisations en service prolongées à haute température, cette structure de précipitation évolue via des processus diffusifs, avec des mécanismes de croissance de précipités [3], de la précipitation de phases intermétalliques de type TCP [4], de la précipitation de carbures ou bien encore la création de zone appauvrie en précipités au voisinage des joints des grains (zone appelées par abus de langage zone de déplétion). Si les conséquences de la croissance des précipités et de la précipitation de phases intermétalliques sont relativement connues dans la littérature [4], les mécanismes intrinsèques de formation des zones de déplétion au niveau des joints de grains et leurs conséquences sur les propriétés mécaniques sont inconnus. C'est là tout l'objectif de cette thèse, à forte dominante expérimentale, que d'analyser les mécanismes de formation des zones de déplétion au voisinage des joints de grain et d'analyser les conséquences sur la durabilité mécanique. Pour répondre à ces questions, les principales étapes suivantes devront être franchies :

1. Sélectionner quelques superalliages base Ni aptes au développement de zone de déplétion au voisinage des joints des grains sur la base de la littérature.
2. Générer des zones de déplétion par traitement thermiques ou thermo-mécanique et analyse des rôles de la chimie et de la taille de grain sur leur mécanisme de formation. L'impact de l'oxydation en surface pourra aussi être analysé.
3. Après avoir générer des microstructures modèles, des essais mécaniques monotones (traction et fluage) avec et sans zones de déplétion seront réalisés afin d'en mesurer l'impact sur les propriétés mécaniques.
4. Conduite d'essais de fatigue dans un domaine où l'amorçage intergranulaire (en surface ou à cœur d'éprouvette) contrôle la durée de vie.
5. Analyse du rôle des zones de déplétion sur les propriétés en fissuration.

Ces travaux de thèse devront permettre une analyse critique du développement et du rôle ces zones de déplétion sur les propriétés mécaniques, et d'émettre des recommandations sur la chimie des alliages/les traitements thermiques à appliquer avant mise en service pour limiter leurs potentiels effets néfastes en terme de durabilité mécanique.

Ce sujet de thèse s'inscrit dans le cadre de la chaire ANR SAFRAN Topaze, impliquant les entreprises du groupe SAFRAN et les laboratoires CEMEF (Mines ParisTech) et Pprime (ISAE-ENSMA, CNRS, Université de Poitiers). Cette thèse se déroulera majoritairement à l'Institut Pprime, avec quelques séjours courts au CEMEF et dans les entreprises du groupe SAFRAN. L'encadrement sera assuré par Patrick Villechaise (DR CNRS) et Jonathan Cormier (Maître de Conférences à l'ISAE-ENSMA).

1. T.M. Pollock and S. Tin, *Nickel-Based Superalloys for Advanced Turbine Engines: Chemistry, Microstructure, and Properties*. *Journal of Propulsion and Power*, 2006. **22**(2): p. 361-374.
2. R.C. Reed, *The Superalloys - Fundamentals and Applications*. 2006, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
3. E. Nembach, *Coarsening of precipitates during step-wise and continuous temperature sweeps*. *Materials Science and Engineering*, 2008.
4. A. Laurence, J. Cormier, P. Villechaise, T. Billot, J.-M. Franchet, F. Pettinari-Sturmel, M. Hantcherli, F. Momprou, and A. Wessman. *Impact of the solution cooling rate and of thermal aging on the creep properties of the new cast & wrought René 65 Ni-based superalloys*. in *8th International Symposium on Superalloy 718 and Derivatives*. 2014. Pittsburgh, PA, USA: TMS. p. 333-348.