

Analyse des processus d'endommagement aux joints de grains dans les superalliages base Nickel

La quête perpétuelle de meilleurs niveaux de performances récemment conjuguée avec une réduction importante de l'impact environnemental des turbines à gaz aéronautiques, implique une augmentation de la température d'utilisation des superalliages base nickel tout en garantissant une fiabilité et des propriétés mécaniques élevées. Ces conditions de fonctionnement impliquent des processus de déformation allant du fluage à la fatigue qui, couplés aux effets d'oxydation, conduisent à l'amorçage et à la propagation de fissures notamment aux joints de grains. En fonction des conditions de sollicitation et de la microstructure, les joints de grains peuvent glisser, transmettre ou accumuler de la déformation et s'oxyder. L'endommagement intergranulaire est alors étroitement lié à ces différences de processus de déformation.

L'objet de cette thèse est l'étude des processus de déformation et d'endommagement intragranulaires et intergranulaires prépondérants entre 20 et 700°C afin de mieux comprendre la transition entre déformation et endommagement au niveau des joints de grains en relation avec les différents paramètres microstructuraux (taille de grains, orientations, nature des joints de grains).

Pour une meilleure compréhension de ces phénomènes discrets et discontinus, il est nécessaire de surmonter les limitations techniques actuelles qui ne permettent pas de quantifier les champs mécaniques discontinus inter et intragranulaires. Afin d'y parvenir, une nouvelle approche de mesure sans contact, la H-DIC, est présentée. Celle-ci est d'abord appliquée à l'étude de la plasticité d'un monocristal en traction *in-situ* sous MEB. La comparaison des mesures de hauteurs de marche générées par le glissement des dislocations en AFM aux hauteurs calculées à partir des sauts de déplacement de H-DIC a permis de valider l'approche. Puis un exemple d'exploitation des paramètres de H-DIC permet de démontrer la faisabilité d'une automatisation de l'identification de systèmes de glissement.

Une première approche qualitative a été menée sur différentes microstructures de l'AD730™ pour déterminer un domaine de sollicitations dans lequel l'activité intergranulaire est prépondérante. Elle a permis de mettre en évidence une plus forte contribution des joints de grains en fluage à 700°C / 700 MPa et beaucoup plus d'endommagements.

La mise en place de la H-DIC à 2 échelles couplée à l'EBSD dans ces conditions de sollicitations, a permis d'identifier une configuration micro-structurale néfaste dans les superalliages polycristallins pour disques de turbine : les joints de macles cohérents. L'étude de ces joints de macles cohérents, a rendu possible l'identification de critères sur les configurations les plus nocives.

La comparaison à un superalliage colonnaire pour aubes ne possédant aucun joint de macle confirme ces observations. L'étude d'un cas d'endommagement intergranulaire montre qu'un glissement intense sur joints de macle génère de fortes contraintes à l'intersection avec un joint de grain général. Ce fort niveau de contrainte nécessite d'être accommodé en formant un micro-volume dans le grain adjacent et serait susceptible d'activer du glissement dans le joint de grains général séparant les 2 grains.

Les observations d'endommagements avec les mêmes caractéristiques sur la partie utile et l'analyse des résultats de la littérature dans des conditions similaires appuient ce scénario.

Mots-clés : Superalliage base nickel ; Fluage hautes températures ; H-DIC ; Macles ; Glissement intergranulaire ; Micro-volumes ;