

## Propagation de fissure dans un superalliage base nickel polycristallin en régime d'interactions fatigue-fluage- oxydation-vieillessement métallurgique

Dans un objectif d'optimisation des relations « microstructure-propriétés » des superalliages base nickel  $\gamma/\gamma'$  utilisés notamment pour la fabrication de disques de turbine, le comportement en propagation de fissure à 750°C a été étudié dans la version polycristalline de l'AD730™. En particulier, le phénomène de ralentissement de la propagation avec l'augmentation du facteur d'intensité des contraintes  $\Delta K$  est au cœur de la problématique abordée.

Par le biais d'une campagne d'essais de fissuration à 750°C, on met en évidence que ce phénomène apparaît dans des conditions de chargement de fatigue-fluage. L'influence de l'histoire de chargement thermomécanique sur les courbes de vitesse de propagation est analysée en modifiant différents paramètres expérimentaux tels que la microstructure initiale (précipitation  $\gamma'$ ), la valeur initiale de  $\Delta K$ , l'environnement ou les temps de maintien. L'origine du phénomène de ralentissement est alors attribuée aux effets conjoints et « protecteurs » en pointe de fissure de la relaxation des contraintes, de la croissance d'oxydes et du vieillissement métallurgique.

Afin d'enrichir les résultats de fissuration, des analyses complémentaires du vieillissement de la précipitation  $\gamma'$  ont été conduites à 750°C. Il en résulte notamment que les cinétiques de vieillissement (grossissement des précipités  $\gamma'$ , précipitation de carbures intergranulaires) sont accélérées dans des conditions de chargement cyclique. En outre, le taux de relaxation des contraintes est d'autant plus élevé que la microstructure a vieilli.

### *On the crack propagation behavior in a polycrystalline nickel-base superalloy under a regime of fatigue, creep, oxidation and metallurgical aging interactions.*

*The 750°C crack propagation behavior in the polycrystalline nickel-base superalloy AD730™ is studied. This study falls within the overall objectives of optimizing the "microstructure – mechanical properties" relations in nickel-base superalloys used for example in turbine disks. The deceleration of the crack propagation with the increase in  $\Delta K$  value is specifically at the core of the PhD thesis work.*

*Via a crack propagation test campaign, this phenomenon is systematically identified when dwell-fatigue loading are performed. The influence of the thermomechanical history of the material is investigated by varying several experimental parameters such as the initial microstructural state ( $\gamma'$  precipitates), the initial value of  $\Delta K$ , the environment or the dwell durations. The origin of the deceleration phenomenon is therefore shown to be linked with combined and protective effects of stress relaxation, oxide growth and metallurgical aging at the crack tip.*

*To improve the understanding of the crack propagation results, complementary analysis of the 750°C  $\gamma'$  precipitates aging is performed. One of the main outcomes is that aging kinetics ( $\gamma'$  growth, carbide precipitation) are enhanced thanks to a cyclic loading. Besides, the more the microstructure is aged, the higher the stress relaxation rate at 750°C.*

#### **Mots-clés :**

Alliages réfractaires ;  
Endommagement, Mécanique des milieux continus ;  
Essais ;  
Microstructure (physique) ;  
Nickel – Alliages – Effets des hautes températures ;  
Nickel – Alliages – Fatigue ;  
Nickel – Alliages – Fluage ;  
Oxydation ;  
Relaxation des contraintes ;  
Propagation de fissure ;  
Vieillessement métallurgique.

#### **Keywords :**

Heat resistant alloys ;  
Continuum damage mechanics ;  
Testing ;  
Microstructure ;  
Nickel alloys – Effect of high temperatures ;  
Nickel alloys – Fatigue ;  
Nickel alloys – Creep ;  
Oxidation ;  
Stress relaxation ;  
Crack propagation ;  
Metallurgical aging.