

Titre : Propagation des fissures courtes en interaction avec la microstructure

Mot clés : fissure courte, microstructure, fatigue, propagation, INCONEL 718 DA

Résumé : La prédiction de la durée de vie des composants aéronautiques repose sur une compréhension fine de la propagation des fissures de fatigue, en particulier durant les premiers stades de leur développement où les effets de la microstructure deviennent prépondérants. Cette thèse s'intéresse au comportement des fissures microstructurellement courtes, dont les mécanismes de propagation demeurent peu compris et difficiles à décrire par les approches classiques de la mécanique linéaire élastique de la rupture. L'objectif est d'identifier les paramètres gouvernant leur cinétique de propagation, leur seuil de propagation et leur transition vers le régime des fissures longues.

Pour répondre à cette problématique, une approche combinant expérimentations et simulations numériques a été mise en œuvre au sein de l'INCONEL 718, sur plusieurs états microstructuraux présentant différentes tailles de grain. Une méthodologie expérimentale originale a permis

de caractériser les vitesses et les seuils de propagation de fissures courtes, tandis qu'un jumeau numérique global/local a été développé afin d'analyser l'influence de l'agrégat polycristallin sur les forces motrices de propagation.

Les résultats expérimentaux mettent en évidence une évolution progressive du comportement des fissures courtes vers le régime de Paris, ainsi qu'un seuil de propagation inférieur à celui des fissures longues. Les simulations reproduisent les principales tendances observées expérimentalement et permettent d'analyser l'influence de la taille de grain, de l'orientation cristallographique et de la géométrie locale du défaut sur la distribution des forces motrices de propagation.

L'ensemble de ces travaux contribue à une meilleure compréhension des mécanismes de propagation des fissures microstructurellement courtes et constitue une base pour le développement futur de modèles de propagation intégrant explicitement les effets de la microstructure.

Title: Small cracks propagation in interaction with the microstructure

Keywords: small crack, microstructure, fatigue, propagation, INCONEL 718 DA

Abstract: The prediction of the fatigue life of aerospace components relies on a thorough understanding of fatigue crack propagation, particularly during the early stages of crack growth where microstructural effects become predominant. This thesis focuses on the behavior of microstructurally small cracks, whose propagation mechanisms remain poorly understood and cannot be accurately described using conventional linear elastic fracture mechanics approaches. The objective is to identify the parameters governing their growth kinetics, propagation threshold, and transition to the long-crack regime.

To address this issue, a combined experimental and numerical approach was implemented on INCONEL 718 with several microstructural states and different grain sizes. An original experimental methodology was developed to characterize the growth rates and propagation thresholds of

small cracks, while a global/local digital twin was developed to investigate the influence of the polycrystalline aggregate on the crack driving forces. The experimental results reveal a gradual transition of small-crack behavior toward the Paris regime, together with a propagation threshold lower than that of long cracks. The numerical simulations reproduce the main experimental trends and provide insight into the influence of grain size, crystallographic orientation, and the local geometry of the initial defect on the distribution of crack driving forces.

Overall, this work contributes to a better understanding of the propagation mechanisms of microstructurally small cracks and provides a foundation for the future development of crack growth models explicitly accounting for microstructural effects.