

Titre : Analyse et caractérisation des phénomènes d'endommagement induits par les anomalies de surface de maintenance ou en service.

Mots clés : Fissuration par fatigue, Défauts de surface, Chocs et rayures, Fissures courtes, Contrainte T, Essais multiaxiaux, Contraintes résiduelles, Diffraction des Rayons X, Synchrotron

Résumé : Ces travaux de thèse ont porté sur l'étude des phénomènes d'endommagement induits par l'introduction d'anomalies de surface de type choc ou rayure, lors d'opérations de maintenance des disques de turbine haute pression. D'une part, ces dernières créent une concentration de contraintes en fond d'anomalie liée au défaut géométrique, qui, couplée à la sévérité des chargements thermomécaniques subits par les disques, amène à l'amorçage et la propagation d'une fissure courte. D'autre part, ces anomalies s'accompagnent de déformations dans la matière qui induisent de l'écrouissage et des contraintes résiduelles. Ces dernières ont un effet du premier ordre sur la propagation de la fissure qu'il est nécessaire de prendre en compte. Ainsi l'objectif est de caractériser ces phénomènes induits par l'introduction des anomalies de surface, à savoir le comportement d'une fissure courte dans un champ de contraintes résiduelles.

Concernant la caractérisation du comportement d'une fissure courte, une campagne expérimentale novatrice a été mise en place. Lors de cette dernière, des essais de fatigue uniaxiaux et biaxiaux ont été réalisés ainsi que des simulations numériques de propagation de fissure. D'une part, cette campagne expérimentale permet de mettre en exergue l'effet de la contrainte T sur la propagation de fissure. D'autre part, elle fournit un protocole expérimental permettant d'obtenir des fissures courtes et de caractériser leur comportement. Enfin, elle donne des pistes vers la prise en compte de l'effet de fissure courte via la contrainte T.

Dans le but de caractériser les contraintes résiduelles, une campagne de caractérisation par diffraction des rayons X à l'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) de Grenoble a été menée. La mesure des distances interatomiques permet de déterminer les déformations puis les contraintes résiduelles induites par l'anomalie. Les résultats obtenus sont cohérents avec ce qui était attendu : de forts niveaux de contraintes multiaxiales, de forts gradients et une portée sous la surface conséquente. Le modèle d'introduction de choc a été amélioré afin de pouvoir le comparer avec les résultats expérimentaux.

Une stratégie d'intégration de ces différents phénomènes dans un modèle incrémental est proposée dans les perspectives afin de tenir compte de la fissuration causée par des anomalies de surface.



Title: Analysis and characterization of the damage phenomena occurring from handling and service surface anomalies.

Keywords: Fatigue crack growth, Surface anomaly, Dents and scratches, Short cracks, T-stress, Multiaxial tests, Residual stress field, X-Ray diffraction, Synchrotron

Abstract: This research work concerns the study of the induced physical phenomena by the introduction of handling surface anomalies such as dents or scratches, on high pressure turbine disks. On one hand, they create a geometrical stress concentration at the anomaly root and combined with the severe thermomechanical loadings undergone by the disks, leads to a short crack initiation and propagation. On the other hand, these anomalies induce deformations which lead to hardening and residual stresses in the material. The latter have an important influence on the crack propagation and is necessary to take into account. Thus, the aim is to characterize these phenomena induced by the introduction of surface anomalies, namely the short crack effect and the residual stress field.

For the short crack effect characterization, a pioneering experimental campaign has been set up implying uniaxial and multiaxial fatigue tests as well as numerical simulations in crack propagation. This experimental campaign highlights the T-stress effect on the crack propagation first. Then, it gives an experimental protocol to obtain short cracks and characterize their behavior. Finally, it gives a lead to take into account the short crack effect via the T-stress.

With the aim of characterizing the residual stress field, Synchrotron X-ray diffraction measurements have been performed at the European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) at Grenoble. The determination of the interatomic distances allows to determine the strains and the induced residual stresses by the anomaly. The results show important 3D stress levels, gradients and a substantial in-depths extent, as expected. The numerical model of a dent introduction has been improved to compare the experimental results with.

A strategy to take into account these phenomena in the Incremental model is given in the perspectives in order to consider crack propagation from surface anomalies.

