**Prédiction numérique du comportement des fissures sous chargements combinés de fretting et fatigue**

Fretting, fatigue, glissement partiel, fissure, propagation des fissures, éléments finis

De nombreux critères de fatigue ont été proposés avec succès dans le but de prédire les chemins et la propagation de fissures sous des chargements uniaxiaux et multiaxiaux. Cependant, quand la fatigue est couplée au fretting, ces critères tendent à négliger les aspects de fortes compressions inhérents au fretting, rendant donc les prédictions inadéquates. Les travaux présentés tout au long de ce manuscrit ont donc pour objectif de proposer une méthode de prédiction de chemin de fissuration à la fois simple à mettre en place tout en étant robuste pour des chargements couplés de fretting et de fatigue. Le fretting est défini comme une problématique de contact impliquant des faibles déplacements latéraux d’un ordre de grandeur de ±100 µm. En plus d’induire des contraintes multiaxiales non proportionnelles ainsi que de forts gradients de contraintes, un chargement de fretting se caractérise par un état de contraintes compressives élevé, résultant de la charge normale quasi statique (pression de contact). Ces travaux s’orientent sur la description du classique contact cylindre / plan au travers de différentes couples matériaux pour divers chargements (fretting simple ou fretting fatigue) pour des conditions de glissement partiel (i.e. en évitant le phénomène d’usure liée au contact).

Le projet se focalise sur la prédiction, par l’intermédiaire des Facteurs d’Intensité de Contraintes (FIC) des chemins de fissures en fretting simple et en fretting-fatigue. Quand il s’agit d’état de contraintes en compression, la méthode usuelle consistant à calculer les FIC par l’intermédiaire de l’intégrale J de Rice s’avère erronée car dépendante du contour. On se propose ainsi d’apporter une réponse au calcul du FIC en mode II (mode de cisaillement dans le plan) lorsque les lèvres de la fissure sont en contact. Pour répondre à ces questions, des études expérimentales et numériques ont été menées en parallèle. La démarche se décompose en plusieurs chapitres qui se succèdent de la façon suivante. En premier lieu, on s’attache à expliciter le fretting, la fatigue, l’ensemble des paramètres qui pilotent la fissuration des métaux et de réaliser une revue de la littérature existante dans ces domaines respectifs. La deuxième partie permet d’introduire et de présenter les matériaux et les bancs d’essais régissant les campagnes expérimentales. L’antépénultième partie entame le cœur de la problématique avec la description de l’outil numérique Crackbox, développé pour venir en aide à ces travaux, ses hypothèses et son fonctionnement avant qu’une validation soit faite sur la base de modèles analytiques de référence. L’avant dernière partie s’intéresse quant à elle à la propagation des fissures une fois l’amorçage garanti. Cette partie traite également de l’arrêt de la fissuration sous le prisme de la température. Enfin, tous ces éléments seront concaténés pour déterminer le meilleur outil de prédiction de fissures en fretting simple, problématique assez peu traitée mais dont la maîtrise est nécessaire dans le but de pouvoir ensuite étudier la prédiction des chemins de fissuration sous des contraintes couplées de fretting et de fatigue.

**Numerical prediction of crack behaviour under fretting and fatigue loadings combined**

Fretting, fatigue, small sliding, crack, crack path prediction, FEM simulation

Various criteria had been successfully proposed in order to predict crack path and crack propagation under uniaxial and multiaxial fatigue loadings. However, when fatigue is coupled with fretting, those criteria appear to neglect the inherent compressive part of fretting, thus resulting of unrealistic path predictions. The general purpose of this piece of work is hence to provide an easy-to-use and reliable method in the crack path prediction under fretting and fatigue loadings. Fretting is defined as a contact problem involving small oscillatory lateral displacements with amplitudes smaller than ±100 µm. In addition to induce non proportional multi-axial stresses and very severe stress gradients, fretting loading is characterized by a very compressive stress state induced by the quasi static normal load (i.e. contact pressure). In this study, a typical cylinder / flat contact is investigated involving various couple of materials and loading conditions (i. e. fretting and fatigue stresses) for partial slip conditions (i.e. without surface wear). This work focuses on the prediction of plain fretting and fretting-fatigue induced crack paths based on Stress Intensity Factors (SIF). When it comes to compressive stresses, the usual way of estimating SIF via Rice integrals seems to be slightly inaccurate and above all, contour dependent. This study proposes a simple method to estimate SIF value (especially in mode II) when the crack lips are under compression. To answer these questions, experimental and numerical studies have been conducted simultaneously. The methodology can be decomposed in various chapters according to the following sequence. First and foremost, a literature review is conducted in order to describe the phenomena such as fretting, fatigue and crack propagation in metals and metal alloys. The following chapter helps to introduce the materials and test benches used and developed in the laboratory. The heart of the procedure resides in the third chapter. Indeed, here lies the hypotheses and the justifications needed when building the numerical tool “Crackbox” along with the validation through analytical reference cases. The penultimate part studies both early and late crack occurrence, with the particularity to take into account the influence of high temperature on the crack arrest phenomenon. Finally, all of the above elements are concatenate to offer the most suitable criteria in plain fretting and fretting fatigue crack path prediction.