

Titre : Etude expérimentale et modélisation numérique de la fermeture de fissures longues et courtes dans un acier inoxydable 304L

Présentée par : Kokleang VOR

Directrices de thèse : Catherine GARDIN et Christine SARRAZIN-BAUDOUX

Résumé :

Cette thèse s'inscrit dans le cadre général de l'étude de la dégradation par fatigue des structures nucléaires.

Dans un premier temps, des essais de propagation d'une fissure longue par fatigue ont été menés sur des éprouvettes CT et SENT, dans l'acier inoxydable austénitique 304L, pour différentes conditions d'essai. Les influences d'une pré-déformation initiale ainsi que l'histoire du chargement sur le niveau de fermeture ont ainsi été mises en évidence et quantifiées. La comparaison d'essais sous air et sous vide a également permis de confirmer les effets d'environnement.

Un second volet expérimental a porté sur la propagation d'une fissure courte pour différentes amplitudes constantes du facteur d'intensité de contraintes, avec un rapport de charge $R = 0,1$, sous air. La fermeture a été mesurée pour différentes longueurs de fissure obtenues par usinage progressif du sillage plastique puis par propagation d'une fissure courte 2D. Une méthode de détermination automatique du niveau de fermeture a été mise en place, permettant une détection précise pour des longueurs de fissure minimales de 0,1mm. L'influence prépondérante de la longueur de la fissure sur la fermeture a ensuite été identifiée.

Des calculs tridimensionnels par éléments finis ont ensuite été réalisés sur le code ABAQUS, avec prise en compte du sillage plastique et de la fermeture par plasticité. Les essais numériques ont permis de retrouver, en les expliquant, les différents résultats expérimentaux précédemment obtenus.

Abstract:

This PhD thesis focuses on the study of the deterioration by fatigue of the structure components in nuclear plants.

Firstly, crack propagation tests of a long crack were performed on 304L stainless steel with CT and SENT specimens in order to explore and quantify the effect of prestrain and loading history on crack closure. The effect of environment was also confirmed by the comparison of the results from crack propagation in air and vacuum.

Secondly, propagation tests of a through-thickness short crack were performed with different constant levels of stress intensity factor range ΔK under a stress ratio $R = 0.1$ in air. Crack closure was measured at different crack lengths obtained from progressive machining of the plastic wake then from successive propagation of the short crack. The influence of crack length on crack closure was characterized. A numerical tool was developed to detect automatically crack closure precisely both for long crack and even for 0.1mm-short crack.

Three dimensional numerical models were performed in ABAQUS to simulate the plasticity-induced crack closure with account of the effect of plastic wake. The present numerical model reproduces accurately all the experimental results.

Mots clés : fissuration par fatigue, sillage plastique, mécanique de la rupture, Modélisation tridimensionnelle, facteur d'intensité de contraintes, histoire du chargement, pré-déformation,