

Résumé

Malgré l'extension de l'utilisation sur les poids lourds de freins à disques, leur fissuration en reste un problème majeur. Notre étude a pour objectif d'améliorer la compréhension de ce mode d'endommagement en précisant la contribution et les liens entre les phénomènes thermiques, mécaniques et physiques. Notre approche s'appuie donc sur des simulations numériques guidées par des données expérimentales, depuis le développement des modèles jusqu'à leur validation. L'élévation de température, gouvernant le comportement du frein, doit d'abord être étudiée. Dans ce but, l'influence des caractéristiques thermiques, de la géométrie, des échanges convectifs est analysée avant d'aborder l'étude thermique 3D transitoire. Cette étude a permis de mettre en évidence l'augmentation des températures maximales induite par la non-uniformité des conditions de contact disque/plaquette et d'en identifier et évaluer les causes : mécanismes de serrage, déformations thermiques et mécaniques globales et déformations thermoélastiques locales. L'introduction d'une évolution de ces conditions de contact, sous la forme d'une loi d'usure, permet de simuler les variations de température évaluées expérimentalement. L'étude des champs de contrainte a montré qu'ils sont gouvernés par les sollicitations d'origine thermique et que les niveaux de température élevés simulés entraînent des déformations plastiques qui, après refroidissement, génèrent les contraintes résiduelles de traction responsables de l'ouverture de fissures. L'analyse du comportement de ces fissures à l'aide d'un modèle 2D élastique linéaire a permis d'identifier le cycle de fatigue élémentaire responsable de la propagation ainsi qu'une avancée irrégulière du front de fissure résultant de la non-uniformité des conditions de contact. Cette étude a permis d'identifier l'enchaînement, supposé jusqu'alors, des phénomènes conduisant à la fissuration, et montre l'importance de la non-uniformité des conditions de contact.

Résumé

Although the use of brake discs on heavy vehicles is common in Europe, disc cracking remains one of the main problems. The aim of this study is to improve the understanding of this damage mechanism and to predict the link between thermal, mechanical and fracture mechanics contributions. The approach is based on a step by step combination of numerical simulations and experimental observations, from model development to validation. Temperature fields, which govern the brake behaviour, have to be studied first. In this context, the influence of material properties, geometry, heat transfer is analysed before the 3D transient determination of the temperature field. Emphasis is given to the maximum temperature increase, due to the non-uniform contact conditions between pads and disc. Further their modeling provides the means to identify and quantify their causes: clamping mechanism, global and local thermal and mechanical distortions. The modelisation of contact conditions

evolution, through the wear of the frictional surfaces, allows the simulation of the variations in the temperature fields noticed experimentally. The stress field analysis has shown that the thermal loading is the most important. Further the high temperature level obtained numerically induce plastic deformations that lead to residual tensile stresses responsible for crack opening after cooling. A 2D fatigue crack model is then used to analyse the crack behaviour. The basic cycle fatigue responsible for crack propagation is then identified. Non uniform contact conditions are further linked to an irregular crack front extension. The influence of the different phenomena, and their interaction, that lead to cracking are identified instead of being supposed, and the importance of non-uniform contact conditions has been emphasised.