

Modélisation multi-échelles de l'endommagement d'un composite à résine thermodurcissable renforcé de fibres courtes de carbonnes

RESUME :

L'évolution du contexte industriel pousse l'industrie du transport, et plus particulièrement le secteur automobile, à réaliser des gains de masse. Ceci passe, pour partie, par le développement de nouvelles solutions en matériaux composites. Le présent travail de thèse est consacré à la caractérisation mécanique et à la modélisation micromécanique d'un nouveau matériau composite SMC renforcé de mèches de fibres de carbone. L'objectif est de constituer une première base de connaissances sur le comportement de ce SMC en fatigue. Les investigations expérimentales passent notamment par l'analyse de la microstructure, la caractérisation du comportement mécanique sous sollicitation quasi-statique et de fatigue ainsi que par l'analyse des modes de dégradations. L'approche multi-échelle développée prend en compte la microstructure du matériau aux deux échelles mises en évidence à travers deux homogénéisations successives par une méthode Mori-Tanaka. Cette stratégie de modélisation permet de relier le comportement des fibres et le comportement élasto-plastique de la matrice à travers une loi de comportement dédiée à celui du matériau composite, et enfin d'intégrer la distribution d'orientation des mèches induites par le procédé de thermocompression. Le modèle multi-échelle a été identifiée par une méthode inverse à partir des bases de données expérimentales constituées lors des travaux. La loi constitutive globale, à l'échelle d'un volume élémentaire représentatif, a été implémentée dans la bibliothèque scientifique SMART+ en langage C++ et a été conçue pour être compatible dans le cadre d'analyse de structures par éléments finis. En régime non-linéaire intégrant l'endommagement.

Mots clés : SMC, fibres de carbone, comportement mécanique, fatigue, analyse de la microstructure, modèle micromécanique, éléments finis.

Multiscale damage modelling of a thermoset composite reinforced by short carbon fibers

ABSTRACT:

The evolution of the industrial context is pushing the transport industry, and more specifically the automotive sector, toward better energy efficiency. This objective is partly achieved by the development of new composite material solutions. The current work is devoted to the mechanical characterization and the multiscale modeling of a new SMC composite material reinforced with short carbon fibers bundles. The objective is to build a first knowledge base on the behavior of this SMC under fatigue loading. Experimental investigations include the analysis of the microstructure, the characterization of the mechanical behavior under quasi-static and fatigue loading, as well as the analysis of the damage mechanisms. The proposed multiscale approach takes into account the microstructure of the composite at the two scales highlighted through two successive homogenizations by the means of a Mori-Tanaka based method. Such modelling strategy makes it possible to relate elasto-plastic behavior of the matrix through dedicated local constitutive laws and the behavior of the fibers to that of the composite material, and to integrate the orientation distribution of the bundles induced by the manufacturing process... The multiscale model was identified by the mean of an inverse computation method applied on the experimental results taken from the databases created during the works. The global constitutive law, computed at the scale of a representative elementary volume, has been implemented in the SMART+ scientific library in C++ language in such a manner to be compatible in a finite element analysis (FEA) framework.

Keywords : SMC, carbon fiber, mechanical behavior, fatigue, microstructural investigation, multiscale modelling, FE.