

Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Thermo-mechanical modeling of composite materials subjected to fire[BR]- Integration Internship

Auteur : Dethier, Victor

Promoteur(s) : Noels, Ludovic

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil en aérospatiale, à finalité spécialisée en "aerospace engineering"

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/14528>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Thermo-mechanical modeling of composite materials subjected to fire

Victor DETHIER

Academic supervisor: Prof. Ludovic NOELS

Internship supervisor: Michaël BRUYNEEL

Master in Aerospace Engineering

Faculty of Applied Science, University of Liège

Academic year 2021-2022

Abstract

Composite materials, and especially Polymer Matrix Composites, are increasingly used in engineering applications such as in aerospace or marine structures. The environments in which they are used can be prone to fire events. However, the fire resistance of Polymer Matrix Composites is rather poor. This is explained by the fact that the polymer matrix reacts to fire and undergoes pyrolysis. Premature failures are therefore occurring. It is thus important to be able to model the thermo-mechanical response of composites subjected to fire in order to prevent these failures. This type of modeling, including pyrolysis, is not available nowadays at some companies working on composite materials. It is therefore useful to investigate this subject.

In this work, the physics related to composites in fire are first explained. The most used thermo-mechanical models are identified. A common feature between them is the use of a two-step analysis. First, a thermal analysis is performed. It is then followed by a decoupled mechanical analysis. This work is focusing mostly on the thermal part. A thermal model developed by Henderson et al. is found to be a reference in that domain. The classical mechanical models are also briefly explained.

Using the finite element software SAMCEF, the thermal model is solved. The detailed methodology required to use correctly the software is given. Some adaptations of the formulas and the material properties are done. A methodology used to perform a short mechanical analysis is also given. The results from the thermal model, and more specifically the temperature distributions, are compared to experimental and analytical results found in the literature. They are not very conclusive in the first instance. The value of the matrix decomposition energy must be increased in order to improve the results. It is also shown that some properties must be tuned to fit the experimental curves when the material data is not precisely known.

Eventually, a short and simple mechanical analysis using elastic and advanced material laws is performed and some results are interpreted. It is nonetheless limited by the lack of knowledge about both the thermal and mechanical properties for a same composite material. Therefore, only generic results are obtained. They cannot be over-interpreted.

Modélisation thermo-mécanique des matériaux composites soumis au feu

Victor DETHIER

Superviseur académique : Prof. Ludovic NOELS

Superviseur du stage : Michaël BRUYNEEL

Master Ingénieur Civil en Aérospatiale

Faculté des Sciences Appliquées, Université de Liège

Année académique 2021-2022

Résumé

Les matériaux composites, et notamment les composites à matrice polymère, sont de plus en plus utilisés dans des applications techniques telles que les structures aérospatiales ou marines. Les environnements dans lesquels ils sont utilisés peuvent être sujets à des incendies. Cependant, la résistance au feu des composites à matrice polymère est plutôt faible. Cela s'explique par le fait que la matrice polymère réagit au feu et subit une pyrolyse. Des défaillances prématurées se produisent. Il est donc important de pouvoir modéliser la réponse thermo-mécanique des composites soumis au feu afin de prédire ces défaillances. Ce type de modélisation, incluant la pyrolyse, n'est pas toujours disponible aujourd'hui dans certaines entreprises travaillant sur les matériaux composites. Il est donc utile d'étudier ce sujet.

Dans ce travail, la physique liée aux composites soumis au feu est d'abord expliquée. Les modèles thermo-mécaniques les plus utilisés sont identifiés. Leur caractéristique commune est l'utilisation d'une analyse en deux étapes. Tout d'abord, une analyse thermique est effectuée. Elle est ensuite suivie d'une analyse mécanique découplée. Ce travail se concentre principalement sur la partie thermique. Un modèle thermique développé par Henderson et al. s'avère être une référence dans ce domaine. Les modèles mécaniques classiques sont également brièvement expliqués.

Le modèle thermique est résolu à l'aide du logiciel éléments finis Samcef. La méthodologie détaillée requise pour utiliser correctement le logiciel est donnée. Certaines adaptations des formules et des propriétés des matériaux sont effectuées. La méthodologie utilisée pour effectuer une courte analyse mécanique est également donnée. Les résultats du modèle thermique, et plus particulièrement les distributions de température, sont comparés aux résultats expérimentaux et analytiques trouvés dans la littérature. Ils ne sont pas très concluants dans un premier temps. La valeur de l'énergie de décomposition de la matrice doit être augmentée afin d'améliorer les résultats. Il est également montré que certaines propriétés doivent être ajustées pour s'adapter aux courbes expérimentales lorsque les données du matériau ne sont pas connues précisément.

Finalement, une analyse mécanique courte et simple utilisant des lois élastiques et des lois avancées pour les matériaux est réalisée et certains résultats sont interprétés. Elle est néanmoins limitée par le manque de connaissances sur les propriétés thermiques et mécaniques d'un même matériau composite. Par conséquent, seuls des résultats génériques sont obtenus. Ils ne peuvent pas être surinterprétés.