

THESE DE DOCTORAT DE

L'ÉCOLE CENTRALE DE NANTES
COMUE UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences pour l'Ingénieur

Spécialité : *Mécanique des solides, des matériaux, des structures et des surfaces*

Par

Ivanna PIVDIABLYK

Durability of mechanical performance of prestressed bolted composite joints in a hygro-thermo-mechanical environment

Thèse présentée et soutenue à l'Ecole Centrale de Nantes, le 18/12/2019

Unité de recherche : Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique – GeM (UMR CNRS 6183)

Rapporteurs avant soutenance :

Marco Gigliotti Professeur des universités, Institut Pprime, IUT de Poitiers
Benoit Vieille Professeur des universités, GPM, INSA Rouen Normandie

Composition du Jury :

Président :
Examineurs : Hélène Dumontet Professeure des universités, UPMC, Sorbonne Université
Dir. de thèse : Patrick Rozycki Maître de conférences HDR, GeM, Ecole Centrale de Nantes
Co-dir. de thèse : Laurent Gornet Maître de conférences HDR, GeM, Ecole Centrale de Nantes
Co-encadrant : Frédéric Jacquemin Professeur des universités, GeM, Université de Nantes

Invité

Pierre Chalandon Directeur opérationnel, CETIM

Titre : Durabilité des performances mécaniques des assemblages boulonnés précontraints en composites dans un environnement hygro-thermo-mécanique

Mots clés : Composite thermoplastique, température, humidité, vieillissement, assemblage boulonné, précharge

Résumé : Ces travaux, menés en collaboration avec le CETIM, portent sur la performance mécanique des assemblages boulonnés précontraints en matériaux composites pour les secteurs automobile et aéronautique. En raison de l'application contrôlée de précontrainte, les assemblages boulonnés occupent une partie importante dans l'industrie. Les conditions environnementales de service ont tendance à varier au cours du temps, ayant un effet sur les composites thermoplastiques sensibles à la température et à l'humidité. Une estimation des propriétés élastiques hors plan des composites est donc essentielle pour un dimensionnement précis des assemblages boulonnés. L'objectif de la thèse est de prendre en considération et d'analyser l'impact environnemental sur les matériaux composites thermoplastiques afin d'améliorer un modèle analytique d'assemblages boulonnés.

Des protocoles de conditionnement sont proposés afin d'évaluer d'une manière précise l'état des matériaux à plusieurs niveaux d'Humidité Relative. L'effet du vieillissement humide est étudié à travers la caractérisation mécanique d'une résine pure et de deux matériaux composites tissés. Les simulations numériques fournissent les propriétés hors plan en lien avec les effets environnementaux permettant l'estimation de la souplesse des matériaux. Des essais mécaniques sur les assemblages boulonnés en composites sont proposés afin de déterminer la perte de précontrainte au cours du temps et de relier les propriétés mécaniques des composites à la durabilité des assemblages.

Title : Durability of mechanical performance of prestressed bolted composite joints in a hygro-thermo-mechanical environment

Keywords : Thermoplastic composite, temperature, humidity, ageing, bolted joint, preload

Abstract : The present work, performed in collaboration with CETIM, is focused on the mechanical performance of preloaded bolted composite joints for automotive and aeronautical fields. Owing to controlled preload application, bolted joints occupy a significant segment in the industry. Working environmental conditions tend to vary over time, affecting sensitive to temperature and humidity thermoplastic composites. An estimation of out-of-plane elastic properties of composites is, therefore, essential for an accurate dimensioning of bolted joints. The objective of the thesis is to take into consideration and analyse the environmental impact on thermoplastic woven composite materials in order to ameliorate an analytical model for bolted composite joints.

Conditioning protocols are proposed for an accurate evaluation of material state at several Relative Humidity levels. Effect of humid ageing is investigated through the performed mechanical characterisation of a neat thermoplastic matrix and two woven composites. Numerical simulations provide the out-of-plane environment-related properties enabling the material compliance estimation. Mechanical testing of bolted composite joints is proposed to determine a loss of preload over time and to relate composite mechanical properties to the durability of joints.