

Sujet de thèse 2020 - 2023

Optimisation 3D du placement des fibres pour l'impression additive multi-axes : dialogue procédé / modélisation par éléments finis / essais

Université de Technologie de Compiègne, Laboratoire Roberval
Carinthia Institute for Smart Materials and Manufacturing Technologies

Mots clés : Fabrication additive, Matériaux composites à fibres longues, Orientation des fibres, Caractérisation mécanique, Éléments finis, Optimisation, Incertitudes

Contexte

La fabrication additive s'est fortement développée ces deux dernières décennies. Les premières machines ont essentiellement proposé une fabrication à base de polymère vierge. Plus récemment, les machines de fabrication additive métallique ont été marquées par une forte croissance. Pour les matériaux composites à fibres longues, très peu de solutions techniques existent et la recherche scientifique dans ce domaine est à initier. En effet, les procédés existants sont limités car ils s'appuient sur des stratégies de dépôt couche par couche. Cela confère à la pièce un comportement adapté dans le plan mais induit des propriétés hors plan médiocres. Une technologie alternative à ces robots 3 axes consiste à développer une fabrication additive à 6 axes. La tête de dépôt est portée par un bras robotisé multiaxes permettant ainsi la réalisation de véritables pièces composites 3D avec orientation des fibres, dans l'espace.

Objectifs

L'objectif global de la thèse est ainsi de contribuer au développement d'une stratégie de conception et d'impression « 3D véritable » de structures composites à fibres continues. D'un point de vue scientifique, il s'agira d'optimiser la topologie et les orientations des fibres en s'appuyant sur une modélisation par éléments finis permettant d'identifier la localisation des efforts et leur direction dans la structure. La variabilité des propriétés matériaux et physiques conduira à une optimisation sous incertitudes du placement des fibres afin de mener à des solutions robustes. La démarche développée prendra en compte les contraintes de fabrication du système d'impression 3D et des liens méso structure - propriétés mécaniques. Une méthodologie de dialogue sera donc à développer entre le procédé, la modélisation numérique et les essais pratiques. Les résultats de cette thèse permettront de fournir des règles de conception pour la technologie d'impression 3D multiaxes appliquée aux structures composées de matériaux à renfort fibreux.

Profil et compétences du candidat : Titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou de master en mécanique avec des compétences en modélisation numérique.

Des connaissances en optimisation numérique, dans les procédés de fabrication additive et dans la caractérisation mécanique de matériaux composites seraient appréciées.

Lieu de travail : UTC (Laboratoire Roberval) et Carinthia University of Applied Sciences (CISMAT, Autriche)

Contact : fdruesne@utc.fr

3D optimization of fiber placement for multi-axis additive manufacturing Dialogue Process / Finite Element Modeling / Characterization

Université de Technologie de Compiègne, Laboratoire Roberval
Carinthia Institute for Smart Materials and Manufacturing Technologies

Key words : Additive Manufacturing, “Continuous fiber”-reinforced Composites, Fiber Orientation, Mechanical Characterization, Finite Element Modeling, Optimization, Uncertainties

Context

Additive manufacturing has developed strongly over the last two decades. The first machines made it possible to print simple, polymer-based parts. Recent years have seen the rapid development of 3D metal printing, for industrial applications. However, few practical solutions exist yet, for the 3D printing of high-performance composite materials, reinforced with continuous or long fibers, like carbon or natural fibers. Moreover, existing processes are based on layer-by-layer deposition strategies, and are therefore strongly limited: the printed parts behave satisfactorily in the plane, but they present very poor out-of-plane mechanical properties. A highly promising solution to this problem is the use of 5- or 6-axis manufacturing techniques, to print parts in “full 3D”, or “true 3D printing”. Here, a multi-axis robotic arm, allowing the production of true 3D composite parts with controlled fiber orientation, carries the print head.

Objective

The overall objective of the thesis is thus to contribute to the development of an innovative strategy for the design, topological optimization and “true 3D printing” of composite structures, reinforced with continuous fibers.

More specifically, an advanced computational solution will be developed to optimize the topology of the parts as well as the local orientation and density of the fibers, to achieve the best possible mechanical performances in terms of robustness, strength and weight. The tool will heavily rely on FEM, e.g. for the computation of stress fields in the structure. The variability of the material and physical properties, which is a common issue in 3D printing, will be taken into account (i.e. “optimization under uncertainty”), to achieve robust designs. The manufacturing constraints of the selected 3D printing system as well as the effect of the mesostructure on the mechanical properties will also be taken into account. Numerical modeling, fabrication processes and practical characterization of the mechanical properties of 3D printed test samples will therefore each constitute an important part of the PhD work.

Requirements : Master of Science (or equivalent Engineering Degree) in Mechanical Engineering, with numerical simulation skills.

Complementary skills and applied Knowledge in numerical optimization, additive manufacturing processes and mechanical characterization of composite materials will be a plus.

Location : UTC (Laboratoire Roberval) and Carinthia University of Applied Sciences (CISMAT, Autriche)

Contact : fdruesne@utc.fr