

Nom et Prénom : EL MAGRI ANOUAR

Date de soutenance : 30/09/2020

Directeur de Thèse : M. EBN TOUHAMI

Sujet de Thèse :

Matériaux thermoplastiques hautes performances à finalité aéronautique : Développement, optimisation et mise œuvre en fabrication additive par FDM

Résumé :

L'intérêt d'utiliser la fabrication additive est de permettre la mise en forme tridimensionnelle, directement à partir d'un modèle numérique, d'un objet difficile à fabriquer par les techniques classiques. L'aérospatiale y voit donc en cette nouvelle technique un fort potentiel d'applications. Ce travail de recherche adresse deux principales problématiques qui freinent la production à grande échelle de pièces par fabrication additive. La première est dans le choix des matériaux qui doivent présenter des performances exigées par le constructeur aéronautique Safran composites. Le Poly (éther-éther-cétone) (PEEK), le poly (sulfure de phénylène) (PPS) et le poly (éther-imide) (PEI) ont ainsi été sélectionnés grâce à leurs performances élevées et aussi parce que déjà certifiés pour usage aéronautique. La deuxième contrainte est d'obtenir des pièces gardant de bonnes performances mécaniques aux températures rencontrées dans un environnement moteur. Safran Composites cible donc des matériaux ayant une température de transition vitreuse (Tg) supérieure à 150°C, idéalement de l'ordre de 170/180°C. Un mélange miscible de polymère PEEK/PEI a été réalisé afin de répondre à ces deux contraintes. Les résultats des différents tests de caractérisation montrent que ce mélange miscible présente les propriétés thermiques et structurales requises. Le mélange est préparé à l'état fondu avant d'être extrudé en filament pour servir de matière première en fabrication additive par Filament Fondu (FFF ou FDM). Une étude paramétrique et d'optimisation des différents paramètres d'impression a été réalisée afin de maximiser la productivité et les propriétés des pièces fabriquées. Pour terminer le développement du matériau, une étude de durabilité des pièces PEEK-PEI imprimées 3D a été réalisée. Les résultats montrent que le mélange préparé reste stable après vieillissement dans des conditions sévères similaires aux conditions « moteur » auxquelles peuvent être soumises des pièces produites par fabrication additive.

MOTS-CLES:

Thermoplastiques, FDM, optimisation, développement, fabrication additive, durabilité, propriétés

Abstract :

The interest of using additive manufacturing is to produce a three-dimensional part, directly from a digital model, which would otherwise be difficult to manufacture using conventional manufacturing techniques. The aerospace industry thus sees great potential in this new manufacturing technique. This research work address two main problems that hinder a widespread production of parts by additive manufacturing. The first is in the choice of materials, which are required to exhibit performances equal or better than the requirements stated by Safran composites. Poly (ether-ether-ketone) (PEEK), poly (phenylene sulfide) (PPS) and poly (ether-imide) (PEI) were selected as base materials due to their high performances and also because of their existing certification for aeronautical use. The second requirement is in producing parts that maintain good mechanical performance at temperatures encountered in an engine environment. Safran composites is targeting with this project a material having a glass transition temperature (Tg) higher than 150°C, ideally around 170/180°C. A miscible blend of PEEK / PEI polymer was thus prepared to answer both requirements. Thorough characterization show that this miscible blend has the required thermal and structural properties. This blend is prepared in the molten state and extruded into filaments for use as a raw material in additive manufacturing by Fused Filament (FFF or FDM). A parametric study and optimization phase were performed to maximize the productivity and properties of the produced parts. To conclude this material development, a durability study of PEEK-PEI 3D printed part was performed. Characterization results show that the prepared blend remains stable after aging under severe conditions similar to the "engine" conditions to which parts produced by additive manufacturing can be subjected.

KEY WORDS:

Thermoplastics, FDM, Optimization, development, additive manufacturing, durability, proprieties