



ÉTUDE DE CAS

DÉVELOPPEMENT DE POLYMÈRES HAUTE PERFORMANCE (PHP) POUR L'OPTIMISATION DE LA FABRICATION ADDITIVE PAR DÉPÔT DE FILAMENT DE POLYMÈRE FONDU (FDM)

Durée du projet

2019 et 2020 (18 mois)

Partenaires

Fonds de recherche du Québec –
Nature et technologies (FRQNT)

Matériaux

Polymères haute performance (PHP)

Procédés

Modélisation par dépôt
de fil en fusion (FDM)

Domaines d'application

Aéronautique

OBJECTIF VISÉ

Fabriquer un filament haute performance à partir de polymères haute performance (PHP) offrant une bonne adhésion inter-couches et des propriétés mécaniques supérieures au matériau de base.

LE CONTEXTE

L'impression 3D par dépôt de filament fondu (FDM) est un procédé de fabrication couche par couche qui permet d'obtenir des pièces dont le niveau de complexité est élevé, parfois même inaccessible via les procédés de fabrication traditionnels comme le moulage par injection. Ce procédé d'impression 3D est le plus répandu sur le marché du fait de sa simplicité, des nombreux matériaux disponibles et de son faible coût d'utilisation. Il permet d'obtenir rapidement des pièces prototypes ou fonctionnelles à faible coût, tout en évitant les étapes de conception et de fabrication d'un outillage de production.

LE DÉFI

Comparativement aux pièces obtenues par les procédés traditionnels tels que le moulage par injection, les pièces imprimées via la technologie FDM possèdent des propriétés mécaniques inférieures et anisotropes (inégales selon l'axe d'impression), notamment en raison de l'adhésion inter-couches insuffisante. Ces pièces peuvent aussi présenter des caractéristiques dimensionnelles inadéquates en raison du retrait et du gauchissement observés, surtout lors de la fabrication de pièces de grandes dimensions. Ces contraintes restreignent sévèrement l'utilisation du procédé FDM pour des applications de haute technologie incluant celles reliées au secteur de l'aéronautique. Plusieurs stratégies ont été déployées afin de limiter les effets énoncés ci-dessus des PHP, des candidats à fort potentiel pour le secteur aéronautique. Les PHP (PEI, PPS, PEEK, PSU, PPSU, etc.) sont bien connus du secteur de la plasturgie, car ils présentent des propriétés thermiques, thermomécaniques et mécaniques exceptionnelles qui laissent envisager à court terme, une conversion vers ces matériaux polymères pour certaines applications de pièces métalliques notamment. Ces matériaux sont encore peu utilisés par FDM, car ils exigent des procédés d'impression ainsi que des formulations adaptées aux contraintes de la fabrication additive.

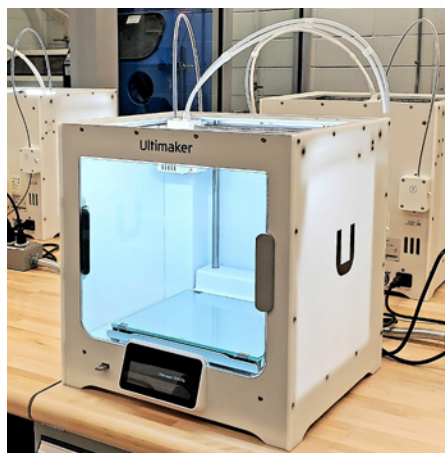
DÉVELOPPEMENT DE POLYMÈRES HAUTE PERFORMANCE (PHP) POUR L'OPTIMISATION DE LA FABRICATION ADDITIVE PAR DÉPÔT DE FILAMENT DE POLYMÈRE FONDU (FDM)



CQFA CARREFOUR QUÉBÉCOIS
DE LA FABRICATION ADDITIVE



Laboratoire COALIA



Laboratoire COALIA

Pour ce faire, il conviendrait alors : 1) d'optimiser les paramètres d'impression du procédé FDM pour les PHP; 2) limiter le retrait par l'incorporation de charges à faibles coefficient de dilatation thermique linéaire dans les PHP; 3) d'accroître l'adhésion inter-couches par l'optimisation des paramètres d'impression et par l'implantation d'une nouvelle technologie innovante.

LA SOLUTION

Afin de diminuer le coefficient de dilatation thermique (CTE) du polysulfure de phénylène (PPS), des charges carbonées ainsi que des charges inorganiques possédant de faibles CTE thermiques ont été sélectionnées. Certaines charges possèdent même des CTE négatifs. Les charges ont ensuite été incorporées et dispersées dans la matrice polymère grâce à une extrudeuse bi-vis.

À partir des granules obtenus, des échantillons ont été moulés par compression afin de réaliser des échantillons normalisés, ensuite utilisés pour réaliser des tests de caractérisation thermique (calorimétrie différentielle à balayage (DSC) et analyse thermogravimétrique TGA)), mécanique (traction et impact Izod) et thermomécanique (analyse mécanique dynamique (DMA)). Une étude rhéologique a été également réalisée via l'indice de fluidité (MFI) afin de comparer la viscosité des différents mélanges à l'état fondu. L'appareil d'analyse thermomécanique (TMA) a aussi été employé pour étudier l'évolution du coefficient de dilatation thermique linéaire (CTE) des différents mélanges réalisés.

Parallèlement, des filaments d'impression 3D de 1.75 mm +/- 0.05 mm de diamètre ont été fabriqués à l'aide d'une extrudeuse monovis. Ils serviront pour les essais d'impression 3D sur une imprimante AON M2 fabriquée au Québec.

LES BÉNÉFICES / RÉSULTATS

L'une des charges étudiées a été sélectionnée en raison de sa capacité à réduire le CTE du mélange obtenu d'environ 30 % ce qui permet d'émettre l'hypothèse que son utilisation pourrait réduire le retrait, la délamination, le décollement au plateau ainsi que le gauchissement lors de l'impression.

Une prochaine phase du projet consistera à réaliser des essais d'impression 3D de pièces comparatives avec cette nouvelle formulation. Les propriétés mécaniques des pièces seront analysées et l'hypothèse émise pourra être vérifiée : déterminer précisément si les différents mélanges permettent de réduire le retrait, la délamination, le décollement au plateau ainsi que le gauchissement lors de l'impression.

COORDONNÉES

COALIA

671, boulevard Frontenac Ouest, porte 7C
Thetford Mines (Québec) G6G 1N1
418 338-6410
Andro Vachon
arochette@coaliala.ca