

Extrusion filage bi-composant pour filament d'impression 3D FFF

Melt spinning of bicomponent filament for FFF 3D printing

Simon Jestin, Marie-Pascale Stempin, Teddy Fournier

CANOE
Cheminnov - ENSCBP
16 avenue Pey Berland 33600 PESSAC
e-mail : stempin@plateforme-canoe.com

La technique de fabrication additive dite de FDM (Fused Deposition Modelling) ou FFF (Fused Filament Fabrication) utilise classiquement des filaments de polymère ThermoPlastique (TP) en tant que consommables d'impression. Ces filaments polymères, réalisés grâce à des extrudeuses, ont en général un diamètre de 1.75 mm ou de 2.85 mm suivant les machines d'impression utilisées. Les fournisseurs spécialisés proposent des gammes variées de matières TP allant des polymères de commodité type acide polylactique (PLA) ou acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS), plus techniques comme les polyamides (Nylon) ou des polyuréthane thermoplastiques (TPU) mais également des polymères de spécialité comme par exemple le polyetheretherkétone (PEEK) renforcé de fibres de carbone courtes.

Des limitations s'appliquent cependant à l'utilisation de certains polymères TP en FDM. En effet, pour pouvoir créer une pièce imprimée en 3D il faut :

- Pouvoir transformer un TP en filament de diamètre constant (1.75mm ou 2.85mm)
- Pouvoir le bobiner sur un support afin de l'imprimer sur machine FDM

L'extrusion filage d'un mono-filament par FDM nécessite l'utilisation de grades compatibles avec le procédé en terme de Melt Flow Index (MFI), ainsi que de grades amorphes (ou peu cristallins) à retrait minimal à la solidification, et suffisamment solides pour être bobinés et manipulés lors de l'étape d'impression.

Malheureusement, tous les polymères TP ne répondent pas à ces exigences, et il convient alors de modifier ce matériau soit dans sa chimie lors de l'étape synthèse pour l'adapter au filage mono-filament, soit de le formuler en y ajoutant des additifs pour obtenir l'effet souhaité.

Une technique alternative consiste à réaliser un mono-filament multi-composant de diamètre 1.75mm ou 2.85mm, en combinant un polymère « cœur » non filable avec un polymère « écorce » ou « gaine » répondant aux exigences du filament FDM (Fig.1). Cette technique permet la fabrication de pièces 3D à posteriori, intégrant des matériaux jusqu'alors non utilisables en FDM.

Dans le cas du bi-composant, les deux matières sont extrudées ensemble et sont donc portés à la même température dans le pack filière bi-composant. Les polymères doivent non seulement avoir des températures de transformation proches pour éviter une dégradation ou au contraire une « non fusion » de l'un ou l'autre des polymères mais aussi des propriétés mécaniques proches (coefficient de dilatation/rétraction). Durant la mise en forme, les débits de chaque extrudeuse permettent de faire varier le ratio polymère de cœur / polymère de gaine. Les diamètres / ratios de polymères peuvent être respectivement contrôlés par microscopie (optique / électronique) et par DSC.

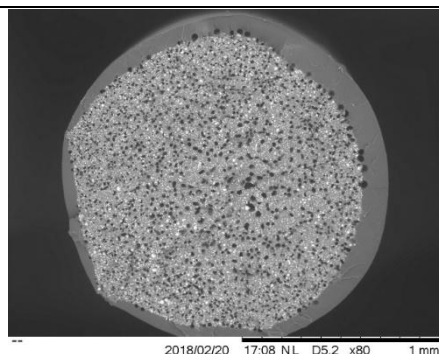


Fig. 1. Monofilament bicomposant

Dans cet article, nous présentons 3 exemples de fabrication de filament 3D bi-composant cœur-écorce thermoplastique réalisé dans le cadre d'études industrielles ou de projets collaboratifs :

- Un filament PCL (cœur) / PLA (écorce) pour palier à la trop grande fluidité du PCL
- Un filament de Lignine chargée (cœur) / PA11 (écorce) pour imprimer de la lignine trop fragile en utilisation seule [1]. Le filament de 1.75mm de diamètre, à base de lignine chargée, est un précurseur de Carbure de Silicium (SiC) comprenant un cœur constitué d'une matrice à base de lignine fortement chargée en particules de silicium enrobés dans une gaine polymère. Une fois imprimée en 3D par la technologie FDM, la pièce 3D est convertie à haute température en céramique SiC. Ces travaux ont servi à la fabrication de réacteurs catalytiques imprimés en 3D dans le cadre du projet européen PrintCr3dit.
- Un filament TiO_2 (cœur) / COC (écorce) – formulations fortement chargées en oxyde métallique pour l'accroissement des propriétés diélectriques [2]. Un composite COC/ TiO_2 chargé entre 60 et 80% m ne permet quasiment aucune courbure du filament de 1.75mm, empêchant de le stocker sur un support cylindrique standard. Le composite fragile est ainsi emprisonné dans une coque plus souple permettant son enroulement sur les supports standards sans trop sacrifier les propriétés recherchées. Ces travaux ont permis au consortium du projet MACOY3D d'élaborer des pièces imprimées 3D.

Remerciements

Une partie des travaux présentée dans cet article provient du projet PRINTCR3DIT qui a été financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne, au titre de la convention de subvention n° 680414. Les travaux sur le filament bicomposant TiO_2 / COC ont été réalisés dans le cadre du projet ASTRID MACOY 3D (ANR).

Références

- [1] N.A. Nguyen, C.C. Bowland, A.K. Naskar, « Mechanical, thermal, morphological, and rheological characteristics of high performance 3D-printing lignin-based composites for additive manufacturing applications », in Data in Brief, Vol.19, pp. 936-950, 2018.
 - [2] J. Castro, E. Rojas, A. Ross, T. Weller, J. Wang, « High-k and low-loss thermoplastic composites for Fused Deposition Modeling and their application to 3D-printed Ku-band antennas », in 2016 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS).
-

- [3] P.I. Deffenbaugh, R.C. Rumpf, K.H. Church., « Broadband Microwave Frequency Characterization of 3-D Printed Materials », in IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Vol.3 (12), pp. 2147-55, 2013.