



ÉTUDE DE CAS

FABRICATION ADDITIVE DE COMPOSITES MULTIFONCTIONNELS ASSISTÉE PAR ROBOT

Durée du projet

En cours depuis début 2018

Partenaires

Groupe Safran (France),
ArianeGroup (France),
Agence spatiale canadienne,
NanoXplore, MEKANIC,
Solaxis, CNRC

Matériaux

Thermoplastiques renforcés
de fibres de carbone
(PEEK, PEI, nylon, PLA),
plastiques therm durcissables
(résine époxy chargée)

Procédés

Modélisation par dépôt de fil fondu
(FDM), impression 3D par extrusion
(Direct-ink writing)

Domaines d'application

Aérospatiale, transport, énergie

OBJECTIFS VISÉS

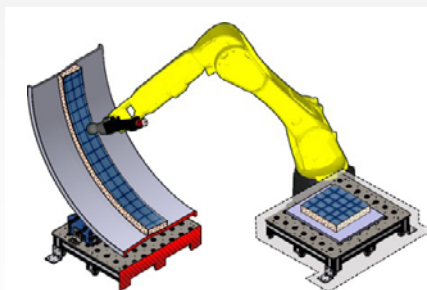
Multifonctionnalité des pièces (p. ex., amélioration des propriétés acoustiques et mécaniques), automatisation, fabrication de pièces complexes et plus performantes, réduction des coûts et du poids, fabrication rapide de grandes pièces.

LE CONTEXTE

La fabrication additive (FA) permet de fabriquer couche par couche des pièces de formes complexes que les méthodes de fabrication courantes (p. ex., le moulage par injection) ne permettent généralement pas de produire. Cette technologie permet une plus grande liberté dans la conception ainsi qu'une fiabilité et une rentabilité accrues (p. ex., elle ne nécessite aucun investissement en capital lors du démarrage de la production d'un nouveau produit). Plusieurs industries, dont l'aérospatiale et les transports, ont pris des mesures importantes pour intégrer les technologies de FA dans leurs opérations (p. ex., fabrication de composants sur mesure, réparation de pièces), principalement la modélisation par dépôt de fil fondu (FDM), qui repose sur les thermoplastiques. L'industrie aérospatiale privilégie actuellement l'utilisation de la FA pour la fabrication d'outils, de dispositifs de fixation et de certaines pièces fabriquées en quantité limitée. Elle étudie également les possibilités offertes par la FA pour la fabrication de pièces non structurales fabriquées sur mesure. L'objectif de ce projet du Laboratoire de mécanique multi-échelle (LM2) de Polytechnique Montréal est de fabriquer des pièces multifonctionnelles de grande taille approuvées par l'industrie, de forme complexe et légères, en perfectionnant les technologies de FA (FDM et impression 3D par extrusion).

LE DÉFI

Bien que les imprimantes 3D commerciales conçues pour le secteur industriel offrent un large éventail de dimensions de fabrication (jusqu'à 914 × 610 × 914 mm³), le choix de matériaux pour les filaments est encore très limité. De plus, la technologie FA actuelle fonctionne en grande partie dans un environnement fermé : les utilisateurs ne peuvent pas modifier les paramètres d'impression et les matériaux sont fournis uniquement par le fabricant de l'imprimante, à un coût très élevé. Le processus FDM à code source ouvert en est actuellement à son premier stade de développement et il reste encore plusieurs problèmes importants à résoudre, notamment les suivants : 1) la faible disponibilité des filaments thermoplastiques commerciaux à haut rendement, 2) une température de fonctionnement limitée non compatible avec les thermoplastiques résistant à des températures élevées, 3) les propriétés mécaniques relativement faibles des pièces imprimées par rapport aux mêmes pièces obtenues par des procédés de fabrication courants, 4) un éventail de dimensions d'impression plutôt restreint, et 5) des taux de production très faibles.



Fabrication additive non plane de composites multifonctionnels assistée par robot
(avec l'aimable autorisation de Jean-François Chauvette)

LA SOLUTION

Le groupe de recherche LM2 de Polytechnique Montréal développe, en collaboration avec un vaste réseau de partenaires industriels, de nouveaux matériaux composites multifonctionnels à haut rendement pour la fabrication additive à code source ouvert pour la production de pièces approuvées par l'industrie. Nos travaux les plus récents ont porté sur la fabrication additive rapide non plane de grandes structures composites et de revêtements acoustiques abordables présentant des performances mécaniques et acoustiques élevées destinés à l'industrie aérospatiale. Grâce à une approche efficiente combinant mélanges et fabrication, nous avons conçu et fabriqué des filaments imprimables à partir de thermoplastiques renforcés résistant aux hautes températures (PEEK, PEI) présentant d'excellentes propriétés mécaniques, qui sont comparables, voire supérieures à celles des produits commerciaux. Ces matériaux sont utilisés pour l'impression 3D de structures en sandwich géométriquement optimisées en vue d'obtenir de multiples fonctionnalités telles que la légèreté, une efficacité d'absorption acoustique hautement améliorée et des performances mécaniques élevées dans les moteurs d'avion ou les rovers lunaires en composite. Pour la fabrication, nous avons mis au point une plateforme d'impression sur mesure assistée par un robot à six axes pour l'impression 3D rapide et non planaire de grands panneaux sandwich à l'aide des formulations composites que nous avons développées (voir la figure). Une tête d'impression multibuses à commande hydraulique, conçue en collaboration avec MEKANIC, est également montée sur le bras du robot pour déposer à grande vitesse des matériaux abrasables à base d'époxy sur des surfaces complexes non planes (p. ex., le carter du ventilateur du moteur).

LES BÉNÉFICES / RÉSULTATS

Le processus de fabrication additive à six degrés de liberté que l'équipe a mis au point permet de contrôler entièrement l'orientation des composites dans un espace 3D, d'améliorer leurs propriétés hors plan et d'accélérer la productivité globale du processus. Les matériaux composites thermoplastiques à haut rendement et les stratégies de fabrication additive efficaces (par rapport aux imprimantes industrielles) développés ici constitueront une option viable pour la fabrication par impression 3D de grandes pièces pour l'industrie aérospatiale. La plate-forme d'impression permet l'impression non planaire de grandes pièces ou de revêtements lorsque notre multi-buse est montée. Les matériaux à base d'époxy ont été conçus pour être imprimables par le dispositif multibuses (26 buses), pour se déposer directement et rapidement (p. ex., 220 mm/s) et pour offrir de multiples fonctionnalités (légèreté, acoustique et abrasivité). Cette plateforme d'impression très récente représente la prochaine évolution dans le domaine du dépôt automatisé de matériaux abrasables, qui sont actuellement appliqués manuellement ou par des méthodes de pulvérisation thermique. Elle permet un contrôle accru de la géométrie du revêtement et ajoute d'autres fonctionnalités aux revêtements déposés pour les prochains moteurs d'avion. Enfin, l'équipe LM2 développe de nouvelles méthodes de découpage pour le traitement des données CAO nécessaires à la fabrication de pièces directement sur des surfaces non planes (p. ex., le carter de ventilateur de moteur).