



Développement de la fabrication additive directe par procédé DED-CLAD : de la poudre à la mise en forme de pièces céramiques denses

Soutenance de thèse – Julie ODINOT
Vendredi 06 décembre 2019 – 14h
ONERA Châtillon – Salle Contensou

Devant le jury composé de :

Ghislaine Bertrand	CIRIMAT-ENSIACET, Toulouse	Rapporteur
Thierry Chartier	IRCER, Limoges	Rapporteur
Marie-Hélène Berger	Mines ParisTech, Evry	Examinatrice
Tiberiu Minea	L.P.G.P, Orsay	Examineur
Didier Boisselier	IREPA LASER, Strasbourg	Examineur
Marc Thomas	ONERA DMAS, Châtillon	Directeur de thèse
Aurélie Julian-Jankowiak	ONERA DMAS, Châtillon	Encadrante
Johan Petit	ONERA DMAS, Châtillon	Encadrant
Olivier Greck	AVIGNON CERAMIC SAS, Bruère-Allichamps	Invité

Résumé

L'évolution des superalliages employés sur des applications aéronautiques thermostructurales montre actuellement ses limites, et leurs températures de fonctionnement sont de plus en plus difficiles à repousser. Les céramiques eutectiques, et en particulier la composition $Al_2O_3-Y_2O_3-ZrO_2$ (AYZ), plus réfractaires, sont ainsi d'intérêt pour remplacer les superalliages sur ces pièces soumises aux hautes températures. Cependant, l'application de ces céramiques dans ce domaine est limitée par la mise en forme de ces matériaux. Dans ce contexte, la fabrication additive (FA) représente un enjeu important pour l'emploi des céramiques dans l'aéronautique. Parmi les nombreux procédés de fabrication additive existants pour les matériaux métalliques, le procédé DED-CLAD permet la réalisation de pièces de grande taille ainsi que la réparation de pièces existantes. Cette thèse a pour objectif l'adaptation du procédé de fabrication additive directe DED-CLAD pour la mise en forme de pièces céramiques denses et non fissurées.

La démarche mise en place au cours de ces travaux s'est articulée autour de trois verrous technologiques identifiés pour l'adaptation du procédé DED-CLAD aux matériaux céramiques. Elle a consisté dans un premier temps à élaborer des poudres céramiques par spray-drying, et à caractériser leur coulabilité afin d'obtenir des poudres compatibles avec le procédé CLAD. Ensuite, l'interaction laser-matière des matériaux a été optimisée afin d'en assurer la fusion au cours du procédé. Une étude de dopage des matériaux céramiques a été mise en place et a permis de sélectionner une espèce dopante particulièrement adaptée. Enfin, les paramètres de fabrication du procédé CLAD ont été étudiés. L'étude de la présence de porosités et de la fissuration au sein des échantillons réalisés a permis d'adapter les conditions de fabrication en réduisant les gradients thermiques au cours du procédé par l'ajout d'un premier, puis d'un second moyen de chauffage annexes. La qualité du matériau eutectique AYZ obtenue par le procédé CLAD céramique a été vérifiée par l'étude de sa microstructure et par la caractérisation de son module d'Young, de sa dureté et de sa ténacité. Ces caractéristiques ont pu être comparées avec celles des matériaux obtenus par des procédés de solidification dirigée afin de vérifier leur intérêt pour des applications aéronautiques structurales.

Mots clés : Fabrication additive, céramiques eutectiques, CLAD, élaboration, poudre, caractérisation