

Fabrication additive de pièces multi-matériaux métal-céramique

F. Lanoue^{1,2}, F. Veron³, I. Pasquet²,
K. Kiryukhina¹, V. Baco-Carles², O. Vendier³, Ph. Tailhades²

Contact: mail : fabien.lanoue@univ-tlse3.fr – tél : 05 61 55 61 15

1- Centre National d'Études Spatiales CNES, 18 Avenue Edouard Belin, 31 400 Toulouse, France

2- Institut Carnot Chimie Balard Cirimat, UMR CNRS 5085 Cirimat, Université Paul Sabatier, 118 Route de Narbonne, 31 062 Toulouse, France

3- Thales Alenia Space, 26 Avenue Jean François Champollion, 31 100 Toulouse, France

Bibliographie/objectifs

Objectifs :

- Réaliser des pièces multimatériaux métal/oxyde dans les trois dimensions de l'espace
- Utiliser une poudre unique qui puisse soit s'oxyder in situ sous air, soit former du métal, selon les conditions d'insolation du laser
- Réaliser des prototypes pour des applications hyperfréquence

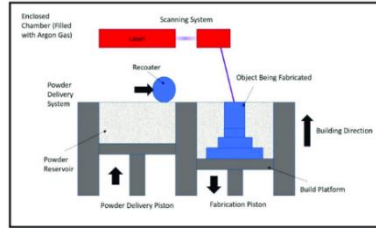
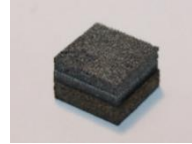
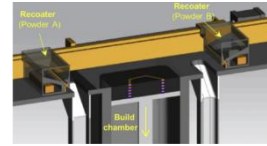


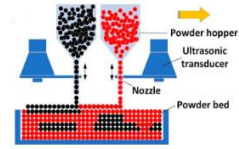
Schéma du procédé de fusion laser sur lit de poudre LPBF



Multimatériaux 2D en structure « sandwich » acier-zircone/alumine-acier fabriquée par LPBF (Koopman et al., 2019)



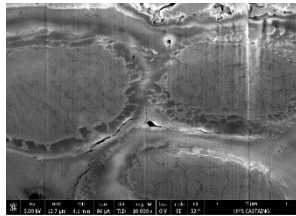
Équipement développé par L'université de Nanjing (NUAA) permettant de la fabrication de multimatériaux 2D (Wang et al., 2020)



Système de dépôt de deux poudres différentes par ultrasons pour la réalisations de multimatériaux 3D (Wei et Li, 2021)

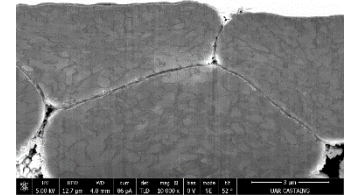
Activation chimique : présentation du procédé et caractérisations

Un traitement chimique sur les poudres est nécessaire pour les sensibiliser vis-à-vis de l'oxydation (attaque chimique à l'eau eau osmosée à 55°C pendant quelques dizaines de minutes) :



Épaisseur hydroxydes ≈ 2µm

Compromis à trouver entre une activation qui favorise l'oxydation des poudres sans trop détériorer la partie métallique



Épaisseur hydroxydes ≈ 0,1µm

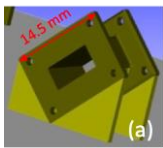
Micrographies de coupes FIB de compacts de poudres activées

- Augmentation de la surface spécifique des poudres (+400%)
- Augmentation de l'absorption optique des poudres à la longueur d'onde du laser (+30%)

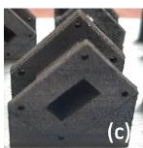
Conditions métal et céramique : caractérisations matériaux

Partie métallique

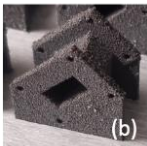
Métal poudre activée à 2,5m²/g
P=135W, v=800mm/s, hd= 100µm



Fichier STL



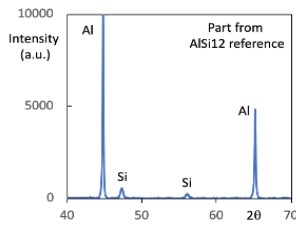
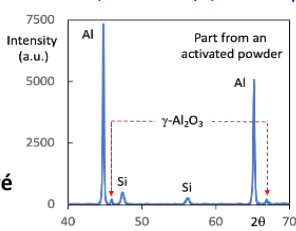
Métal non activé



Métal activé

Propriétés :

Densité > 70 %
Rugosité : 35µm



Métal non activé, conditions standard Phenix

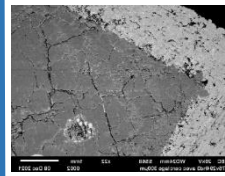
Partie céramique

Propriétés :

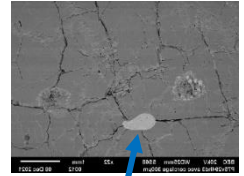
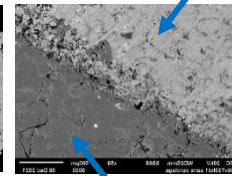
Densité ≈ entre 80% et 95%
Rugosité : entre 80µm et 180µm
Permittivité relative mesurée de l'alumine : entre 8 et 12 sur 1GHz-20GHz



Aluminium



Alumine



Silicium

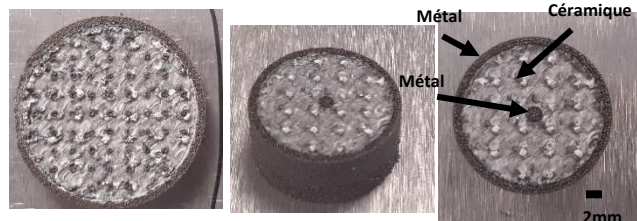
Images MEB de l'interface métal/céramique

Conclusions :

→ Il est possible de réaliser des pièces 3D multimatériaux métal-céramique par fabrication additive réactive sous air (procédé LPBF) à partir d'une poudre unique

→ La fabrication additive de multi-matériaux constitués majoritairement d'aluminium et d'alumine dans des zones prédéfinies, nécessite un prétraitement de la poudre d'AISI12 pour changer sa réactivité vis-à-vis de l'oxygène de l'air

→ Procédé en cours d'amélioration, notamment sur le choix du prétraitement chimique de la poudre d'AISI12, sur l'optimisation des jeux de paramétrage laser pour améliorer les états de surface et la densification



Structure métamatériaux

Lignes coaxiales

Perspectives :

- Temps de fabrication encore longs (entre 6 et 16h/cm³ pour fabriquer la céramique)

- Reste à réaliser des VT multimatériaux

Conclusions et perspectives