

TITRE

Étude microscopique du comportement thermomécanique de matériaux issus de fabrication additive.
Vers une compréhension fine de la relation procédé de fabrication - microstructure - comportement mécanique

Acronyme

Microsmart

Type de contrat/Rémunération

Contrat doctoral avec l'école des Mines de Paris. Salaire brut annuel 25k€ (~ 1660€ net mensuel)

Présentation détaillée avec si possible figure(s)

Contexte et objectifs

La fabrication additive (Additive Manufacturing, AM) par projection de poudre (eg: plasma spray) est en passe de révolutionner la façon dont nous concevons et fabriquons des structures complexes pour l'aérospatiale, l'automobile et diverses applications médicales. L'un des principaux avantages des procédés AM est leur capacité à surmonter les contraintes géométriques imposées par les techniques de fabrication conventionnelles.

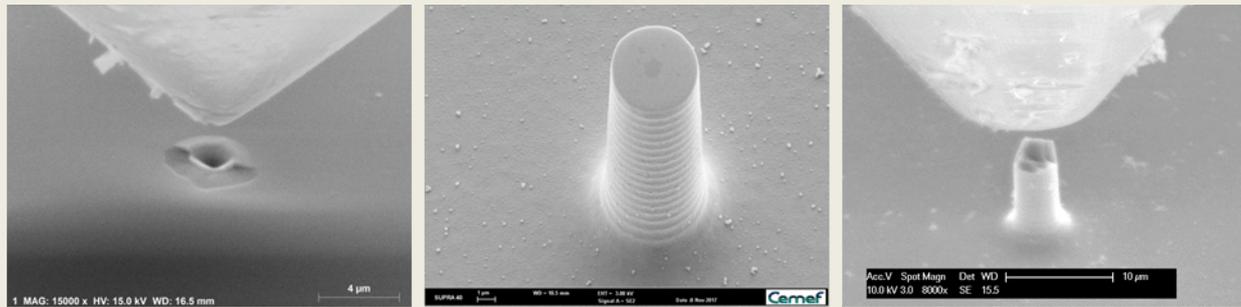
Les limites actuelles et le frein au développement de ces procédés sont à chercher dans la qualité microstructurale, voire l'intégrité des matériaux ainsi produits. Du fait de leur mode d'élaboration, les microstructures de couches projetées sont complexes (car fortement hors équilibre) et les propriétés qui en dépendent hétérogènes. Ainsi, la relation entre paramètres de procédé de fabrication AM, microstructures résultantes et propriétés thermomécaniques du produit final n'est pas encore maîtrisée.

La consolidation de l'utilisation de ces dépôts AM dans des secteurs industriels de pointe notamment l'aéronautique et le spatial exige donc une maîtrise de leur comportement au cours même de la sollicitation, en vue de prédire correctement leur durabilité en conditions de fonctionnement.

Nous proposons pour cela, le déploiement d'une méthodologie expérimentale permettant de solliciter les couches AM à des échelles microscopiques:

- Prenant en considération les hétérogénéités microstructurales de ces dernières (interface, joints de grain, tailles des grains, porosité, composition chimique,...) et leur gradient depuis la surface.
- Donnant accès aux phénomènes physiques locaux responsables des comportements macroscopiques, inaccessibles à présent.

L'objectif de ce projet de thèse est d'étudier *in situ* dans un MEB le comportement mécanique et les évolutions microstructurales correspondantes, des dépôts issus des procédés de fabrication additive (ex : plasma spray et cold spray) sous des chargements thermomécaniques complexes, en vue d'optimiser leurs propriétés d'usage sous différentes conditions de fonctionnement.



Essais de micro-indentation et de micro-compression sur pilier *in situ* MEB réalisés avec le nouvel équipement du CEMEF

Présentation du projet

Le travail de thèse comportera trois volets:

- Etude du comportement thermomécanique et tribologique des couches AM pour différentes conditions de dépôts en fonction:
 - De la vitesse de chargement avec des essais de micro-indentation et de micro-compression (régime quasi statique → régime cyclique → régime dynamique rapide),
 - De la température avec des essais de micro-compression (ambiante → jusqu'à 800°C),
 - De l'orientation du chargement (compression, traction et rayage dynamique)
- Suivi des évolutions microstructurales et l'identification des micro-mécanismes de déformation et d'endommagement associés aux différents régimes de chargement.
- En se basant sur ces données, des modèles de comportement seront formulés pour chaque régime de sollicitation.

Outils

Plateforme d'essais mécaniques *in situ* MEB et *in situ* DRX, Indentation, caractérisation MEB, usinage FIB

Mots-clé

Fabrication additive, Essais mécaniques *in situ*, microstructure, modèle de comportement.

collaboration

Le doctorant bénéficiera d'une collaboration scientifique avec Alemnis/EMPA Suisse, pour la mise en place de certains essais à hautes vitesses et en température (projet collaboratif en cours). Il sera amené à faire un/des court (s) séjour (s) chez nos collaborateurs Suisse.

Les dépôts (plasma spray and cold spray) seront, entre autres, fournis par le centre de Matériaux à Evry. Des échanges scientifiques seront mis en place avec Francesco DELLARO (chargé de recherches au CDM) concernant les procédés de fabrication. Le doctorant participera (si possible) à la réalisation des dépôts.

Profil & compétences

Diplômé d'une école d'ingénieur ou titulaire d'un Master2, Le candidat devra posséder des compétences en mécanique des matériaux et en métallurgie. Il devra également présenter un goût prononcé pour l'expérimentation, l'observation et l'analyse par des techniques expérimentales de pointe (Essais *in situ* MEB, EBSD/EDS, DRX, FIB). Son dynamisme, sa rigueur, sa capacité à travailler en équipe dans un contexte multidisciplinaire et international et ses compétences en anglais seront également des qualités importantes pour la sélection.

Lieu

La thèse se déroulera au sein du Centre de mise en forme des Matériaux (CEMEF) de Mines ParisTech,

à Sophia-Antipolis. Le CEMEF propose un environnement scientifique de renommée internationale qui permettra au candidat de collaborer avec des partenaires académiques de premier plan. Au cours de sa thèse, le doctorant sera amené à présenter ses résultats dans le cadre de séminaires internes et de conférences nationales et internationales.

Equipe(s) de recherche

Pôle PSP (Surface et Procédés)

Encadrant / Dir. de thèse

Imène Lahouij, Alain Burr et Karim Inal