



Corrélation des flux d'éjectas avec l'hydrodynamique du bain liquide en fabrication additive L-PBF pour alliages d'aluminium

Soutenance de thèse – Gwenaëlle Chebil

24 Février 2023 à 14h

Salle des conseils - Arts et Métiers (Paris)

Devant le jury composé de :

Pascal Aubry	Sophie Costil	Marc Thomas	Véronique Favier	Bechir Chehab
Guilhem Martin	Patrice Peyre	Cécile Davoine	Matthieu Schneider	Matthieu Pachoutinsky

Résumé

La fabrication additive sur lit de poudre (L-PBF) de l'aluminium présente un intérêt majeur pour des pièces à forte valeur ajoutée. Néanmoins, certaines limites inhérentes à ce matériau, ainsi qu'un manque de connaissance des phénomènes physiques mis en jeu au cours du procédé, ralentissent son industrialisation à grande échelle. En particulier, des éjections de métal issues de l'interaction laser-matière pouvant atteindre des rayons cinq fois supérieurs à ceux de la poudre initiale, contaminent le lit de poudre et génèrent des défauts. L'objectif de cette thèse est d'améliorer la compréhension et la maîtrise du procédé L-PBF pour les alliages d'aluminium, en corrélant deux observables : les éjectas et les comportements hydrodynamiques du bain liquide. Deux alliages de fonderie largement répandus en L-PBF sont étudiés (AlSi7Mg et AlSi10Mg), ainsi que deux alliages développés par Constellium et spécifiquement conçus pour la fabrication additive (Aheadd@HT1 et Aheadd@CP1). L'originalité de ces travaux repose sur la mise en place d'une méthode numérique automatisée utilisant des outils d'apprentissage profond issus de l'intelligence artificielle, qui ont montré des performances supérieures aux méthodes d'analyse d'image traditionnelles. Elle permet d'étudier les éjectas à partir d'observations *in situ* de l'interaction laser-matière sur un banc laser instrumenté. L'adaptabilité du banc laser permet de travailler avec des puissances et des diamètres de faisceau supérieurs à ceux habituellement présentés dans la littérature, permettant ainsi d'explorer un domaine plus étendu que celui des machines de fabrication courantes. Grâce à cette méthode innovante et au traitement statistique des données résultantes, le flux de particules éjectées est étudié à la fois qualitativement et quantitativement. Ces données sont mises en parallèle avec les comportements hydrodynamiques du bain liquide, observés *in situ* mais également à travers l'analyse des échantillons en coupe. Des différences apparaissent clairement suivant la paramétrie laser appliquée, et sont liées à la morphologie du bain (profondeur, orientation du front avant) qui conditionne l'orientation de la plume de vapeur. De même, les alliages présentent des comportements distincts vis-à-vis des éjectas, avec notamment un flux de particule 30% plus important pour l'AlSi7Mg par rapport à l'AlSi10Mg. L'étude de ces observables de l'interaction laser-matière s'avère donc prometteuse pour améliorer les méthodes de contrôle *in situ* et *in operando* ainsi que les stratégies de protection gazeuse en L-PBF, tout en identifiant des plages de paramètres adaptées afin, à terme, de prédire et limiter certains défauts.

Mots clés

fabrication additive, interaction laser-matière, éjectas, hydrodynamique, aluminium, détection d'objet, intelligence artificielle