

Utilisation de la métallurgie combinatoire pour guider le développement de nouveaux alliages d'aluminium pour la fabrication additive

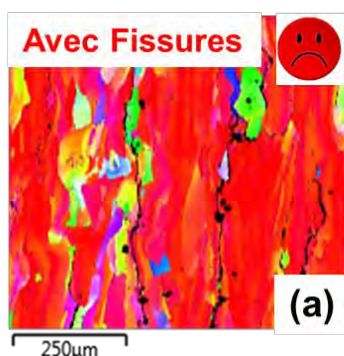
Durée: 18 mois

Ce projet est financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du PEPR (Programme d'Equipements Prioritaires de Recherche) DIADEM (Dispositifs Intégrés pour l'Accélération du Déploiement de Matériaux Emergents). Au sein de ce PEPR, le projet DIAMS ambitionne d'utiliser l'intelligence artificielle et la métallurgie combinatoire pour développer de nouveaux alliages à hautes performances. Ici, l'idée est de tirer parti des procédés de fabrication additive pour guider et accélérer le développement de nouveaux alliages. On se limitera ici à des preuves de concept à partir d'alliages d'aluminium modèles.

Contexte

De nombreux alliages existants ne sont pas optimisés pour être mis en œuvre par fabrication additive (FA). L'exemple des alliages d'aluminium est emblématique. En effet, les alliages de fonderie ou de corroyage sont relativement faciles à mettre en œuvre par fabrication additive mais présentent des propriétés mécaniques limitées. Au contraire, les alliages à durcissement structural ont des caractéristiques mécaniques élevées mais se révèlent extrêmement difficiles à mettre en œuvre par FA à cause de leur sensibilité à la fissuration à chaud [1], voir exemple d'un alliage 6061 fabriqué par FA à la **Figure 1a**. La stratégie la plus efficace pour combattre cette fissuration consiste à affiner la taille des grains. L'affinement de la taille des grains est par exemple rendu possible par ajout de Zr à la composition nominale [2]. En effet, le Zr permet, dans les conditions de solidification de la FA, de promouvoir la formation de la phase primaire et métastable L_{12} - Al_3Zr qui sert d'agent inoculant pour la matrice d'aluminium, voir exemple d'un alliage 6061 modifié par ajout de Zr à la **Figure 1b**. Si l'ajout de Zr améliore la mise en œuvre de tels alliages par FA, cela s'accompagne de changements microstructuraux importants qu'il convient de bien appréhender dans le but d'optimiser les propriétés. Par ailleurs, la découverte de nouvelles compositions repose souvent sur des méthodes d'essais-erreurs qui s'avèrent chronophages et ne permettent pas nécessairement d'explorer de grands domaines de compositions. Dans ce contexte, de nombreuses activités de recherche sont aujourd'hui consacrées au **design de nouveaux alliages d'aluminium POUR la fabrication additive**. Le laboratoire SIMaP a été largement impliqué dans cette thématique de recherche depuis déjà plusieurs années [3-7]. L'objectif est de tirer parti d'une synergie renforcée entre le procédé et la métallurgie au service des propriétés.

Alliage à durcissement structural



Alliage POUR la FA

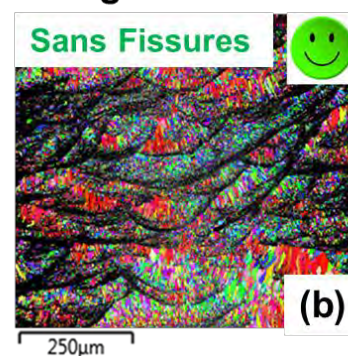


Figure 1. (a) Microstructure brute de fabrication (fusion laser sur lit de poudres) d'un alliage d'aluminium à durcissement structural (alliage 6061) [1]. (b) Microstructure brute de fabrication (fusion laser sur lit de poudres) d'un alliage d'aluminium 6061 modifié par ajout de Zr [2].

Programme de recherche

- (1) Adapter les procédés de FA de fusion sur lit de poudres pour faciliter l'exploration de grands domaines de composition

Deux stratégies sont envisagées dans ce projet : (i) la première consiste à concevoir un mélangeur de poudre permettant de faire des mélanges de 3 poudres de nature différente en proportions variables ; (ii) la seconde vise à utiliser un répliqueur de procédé de fusion sur lit de poudres initialement développé pour l'imagerie 3D synchrotron pour produire rapidement de nombreux échantillons de compositions différentes. Ce répliqueur nécessite seulement quelques grammes de poudres (l'équivalent d'un dé à coudre).

(2) Explorer de larges domaines de composition dans des systèmes binaires (Al-Zr et Al-Fe)

Il s'agira d'explorer de larges domaines de composition et d'identifier rapidement les candidats les plus intéressants à l'aide de deux critères : « fabricabilité » (absence de fissuration à chaud) et propriétés mécaniques (dureté). La capacité de durcissement lors de vieillissements directs (pas de mise en solution) sera également un critère de sélection.

(3) Caractérisation multi-échelle des candidats les plus prometteurs

- SEM/EDS/EBSD, MET/ACOM, DRX, tomographie X. Le candidat bénéficiera pour cela de l'expertise des chercheurs du laboratoire SIMaP et des moyens disponibles sur la plateforme de caractérisation de Grenoble INP : le CMTC (Consortium des Moyens Technologiques Communs). La technique ACOM pour « Automated Crystallographic Orientation Mapping » est développée au SIMaP et son intérêt pour la caractérisation des microstructures issues de la FA a déjà été démontré à plusieurs reprises. Par ailleurs, la proximité avec le synchrotron européen offre des possibilités de mener des campagnes d'essais en imagerie 3D par nanotomographie ou en diffraction aux petits angles.
- Microdureté, nanoindentation, essais mécaniques in situ (MEB, tomographie X). Tous ces moyens sont aussi disponibles au SIMaP.

Collaborations

Dans le cadre de ce projet, une collaboration étroite avec Julien ZOLLINGER, expert en solidification à l'Institut Jean LAMOUR (IJL) à Nancy est prévue. Un post-doctorant travaillant sur la même thématique évaluera la capacité du procédé DED à produire rapidement des alliages de compositions différentes à partir de mélanges de poudres. L'idée est d'avoir des échanges réguliers sur les travaux effectués en parallèle à l'IJL (Nancy) et au SIMaP (Grenoble).

Localisation

Laboratoire SIMaP/Equipe GPM2
Domaine universitaire
101, rue de la physique
38402 Saint Martin D'Hères
FRANCE

Conditions

- Début : dès que possible mais **flexible** en fonction des candidats
- Rémunération : **entre 2905,76€ BRUT/mois et 4081,77€ BRUT/mois selon expérience** + Possibilité de vacances d'enseignements
- Employeur : **CNRS**

Profil des candidats

Le candidat doit posséder un doctorat en science des matériaux ou en mécanique des matériaux avec une bonne expérience des matériaux métalliques. Une expérience dans le domaine de la fabrication additive est un plus. Des compétences solides en métallurgie sont nécessaires. Le candidat devra prendre des initiatives pour développer de nouvelles méthodes expérimentales. La capacité à travailler en équipe et en collaboration avec les autres chercheurs de l'équipe d'accueil est une qualité essentielle pour mener à bien ce projet.

Contact

Le dépôt des candidatures se fait sur le site du CNRS sur le lien suivant :

<https://emploi.cnrs.fr/Offres/CDD/UMR5266-GUIMAR-004/Default.aspx>

Références

- [1] A. Sonawane et al., *Materialia* vol 15 (2020) 100976. <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2020.100976>
[2] M. Genc et al., *Materials Science and Engineering A* vol 858 (2022) 144139. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2022.144139>
[3] M. Buttard et al., *Materialia* vol 18 (2021) 101160. <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2021.101160>
[4] C. Pauzon et al., *Scripta Materialia* vol 219 (2022) 114878. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2022.114878>
[5] M. Buttard et al., *Additive Manufacturing* vol 61 (2023) 103313. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103313>
[6] C. Pauzon et al., *Acta Materialia* vol 258 (2023) 119199. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2023.119199>
[7] M. Buttard et al., *Acta Materialia* vol 259 (2023) 119271. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2023.119271>