



Proposition de sujet de thèse- Contrats Doctoraux 2017-2020

Titre du sujet	Modélisation de la genèse des contraintes résiduelles en fabrication additive par fusion de lit de poudre de l'alliage Ti-6Al-4V
Responsable (s)	<u>Directeur de thèse</u> : Walter RUBIO, 05 61 17 11 42, walter.rubio@univ-tlse3.fr <u>Co-directeur de thèse</u> : Anis HOR, 05 61 33 84 18, anis.hor@isae.fr
Laboratoire	Institut Clément Ader (ICA, CNRS UMR 5312)

Contexte de l'étude :

Les procédés de mise en forme des alliages de titane issus de la métallurgie des poudres présentent un très fort potentiel, entre autre pour les applications aéronautiques et énergies, en permettant le développement de pièces dites « Near Net Shape » impliquant moins de matière première tout en offrant une bonne reproductibilité de fabrication. Parmi ces procédés, on s'intéresse plus particulièrement à la fabrication additive par fusion laser. Ce procédé s'accompagne néanmoins d'importantes variations locales de température, à l'origine d'une microstructure hétérogène, et de contraintes résiduelles difficiles à maîtriser. Les pièces issues de ce procédé ont un comportement mécanique très peu maîtrisé à ce jour.

Sujet de thèse :

Les procédés de fabrication additive, auxquels appartient la fusion laser de poudres métalliques, ont la capacité de créer des structures à géométries complexes. Ce procédé permet de fabriquer des pièces en trois dimensions à partir de poudres métalliques, par fusion du matériau, couche par couche, en accord avec le modèle CAO. Au cours de ce procédé, de nombreux cycles thermiques et d'importants gradients thermiques se produisent dans la pièce. Ces gradients de température induisent des déformations hétérogènes et de ce fait des contraintes résiduelles. Ces contraintes peuvent stopper la fabrication et/ou nuire à la qualité de la pièce obtenue.

En effet, au cours du procédé SLM, l'énergie apportée par le faisceau laser est absorbée par la poudre et convertie en chaleur. Les contraintes thermiques générées par les cycles d'expansion et de contraction des couches solidifiées peuvent dépasser la limite élastique, en particulier pour des matériaux qualifiés de mauvais conducteurs de la chaleur tels que l'alliage TA6V. Les variations de volume issues des transformations de phase, comprenant les transformations de phases allotropiques (changements de structures cristallines tels que nous les rencontrons dans les alliages de titane), induisent aussi des contraintes résiduelles. Ce travail a pour objectif de proposer des modèles analytiques et numériques (éléments finis) afin d'étudier la genèse de ces contraintes résiduelles lors du procédé de fusion laser de poudres TA6V. Il s'agit donc de caractériser et modéliser l'influence des différents paramètres procédé sur ces niveaux de contraintes.

L'élaboration de tels modèles nécessitera, d'une part, la détermination des propriétés mécaniques, dépendantes de la température, de l'alliage de titane étudié, et d'autre part, des analyses de contraintes résiduelles sur des cas de validation. Des essais expérimentaux de caractérisation seront donc réalisés afin d'alimenter ces modèles. Ensuite, différentes démarches et techniques d'analyse des contraintes résiduelles seront mises en place pour valider ces modèles numériques. Enfin, un modèle paramétré sera développé pour analyser les effets de ces paramètres sur la répartition des contraintes résiduelles et établir un dialogue essai/modèle.



ECOLE DOCTORALE
ED 468

« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



Thesis proposal for a Doctoral position 2017-2020

Title	Modeling of residual stress genesis during additive manufacture by selective laser melting (SLM) of the titanium alloy
Supervisor	<u>Supervisor</u> : Walter RUBIO, 05 61 17 11 42, walter.rubio@univ-tlse3.fr <u>Thesis co-director</u> : Anis HOR, 05 61 33 84 18, anis.hor@isae.fr
Laboratory	Clément Ader Institute (ICA, CNRS UMR 5312)

Study context:

The shaping processes of titanium alloys derived from powder metallurgy present a very high potential for aeronautic and energy applications, allowing the development of so-called "Near Net Shape" parts involving less raw material and offering good manufacturing reproducibility.

Among these methods, more particular attention is given to additive manufacture by selective laser melting (SLM). This process is accompanied by large temperature gradients at the origin of a heterogeneous microstructure, and residual stresses that are difficult to control. The mechanical behavior of parts resulting from this process is poorly controlled at present.

Research project description:

The additive manufacturing processes have the ability to create structures with complex geometries. This process makes it possible to manufacture three-dimensional parts from metal powders by melting the material layer by layer in accordance with the CAD model. During this process, many thermal cycles and large thermal gradients occur in the part. These temperature gradients induce heterogeneous deformations and thereby residual stresses. These stresses can stop the manufacture and/or affected the quality of the obtained part.

Indeed, during the SLM process, the energy supplied by the laser beam is absorbed by the powder and converted into heat. The thermal stresses generated by the expansion and contraction cycles of the solidified layers can exceed the yield stress of the studied material, in particular for the bad heat conductor materials such as the titanium alloy TA6V. In addition, the volume changes resulting from the phase transformations, including allotropic phase transformations (crystal structure changes as observed in titanium alloys), induce also residual stresses. The objective of this work is to propose analytical and numerical models (finite elements) in order to study the genesis of these residual stresses during the TA6V selective laser melting process. Then, we will characterize and modeling the influence of various process parameters on the stress levels.

The development of such models will require, firstly, determination of the temperature-dependent mechanical properties of the studied titanium alloy, and secondly, residual stress analysis on validation cases. Experimental characterization tests will be carried out in order to feed these models. Then, different approaches and techniques for analyzing residual stresses will be implemented. Finally, a parameterized model will be developed to analyze the effects of parameter process on the internal stress distribution, and to establish a test / model discussion.