

IRTES EA7274

AVIS DE SOUTENANCE

Madame Amal MASMOUDI

Candidate au DOCTORAT Sciences pour l'ingénieur

à l'UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE BELFORT-MONTBELIARD

Soutiendra sa thèse

Le mardi 05 avril 2016 à 10h00

Amphithéâtre P228 - SEVENANS

Sur le sujet suivant :

« Modélisation et développement expérimental du procédé de fabrication additive par fusion sélective d'un lit de poudre métallique. Influence de la pression de l'atmosphère. »

Le jury est composé de :

**Monsieur Philippe BERTRAND, PROFESSEUR DES UNIVERSITES
EC NAT INGENIEURS ST ETIENNE, Rapporteur**

**Monsieur Patrice PEYRE, DIRECTEUR DE RECHERCHE CNRS
ENS ARTS ET METIERS CER PARIS ENS ARTS ET METIERS PARIS, Rapporteur**

**Monsieur Rodolphe BOLOT, MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES, HDR
UNIV TECHN BELFORT MONTBELIARD**

**Monsieur Michel JEANDIN, DIRECTEUR DE RECHERCHE HDR
ENS MINES PARIS**

**Monsieur Christian CODDET, PROFESSEUR DES UNIVERSITES
UNIV TECHN BELFORT MONTBELIARD**

Résumé

Le procédé de fusion sélective par laser (SLM) d'un lit de poudre métallique, est un procédé de fabrication additive qui permet de fabriquer des pièces de forme complexe directement à partir d'un fichier CAO en passant par la fusion totale de couches de poudre déposées successivement. Au cours du procédé SLM l'apport d'énergie du laser à la cible engendre de nombreux cycles thermiques: fusion - vaporisation - solidification. Dans ce contexte, cette thèse a pour double objectif :1) une meilleure caractérisation et compréhension des phénomènes qui se produisent lors de l'interaction du faisceau laser avec la poudre et le bain de métal fondu à l'aide d'essais et 2) le développement d'un modèle numérique prenant en compte les phénomènes de fusion et de vaporisation de la matière ainsi que à la présence du gaz environnant à l'intérieur de la chambre de fabrication. Dans un premier temps, en considérant des géométries simples (cordons et surfaces) en acier inoxydable 316L, on a étudié l'interaction faisceau laser - lit de poudre / bain liquide métallique par différentes méthodes de diagnostics (spectrométrie, capteur de puissance, méthode de Matsunawa ...) pour comprendre la nature et le rôle de la vapeur métallique générée au cours du procédé. Les résultats ont montré que cette vapeur est sans effet sur la transmission du laser à la matière au cours du procédé SLM. Par contre, elle conduit à la formation de condensats et peut aussi entraîner des gouttelettes de métal fondu. Ces analyses ont permis, dans un second temps, de développer un modèle numérique qui a pour objectif principal de caractériser l'influence de la pression du milieu environnant sur le processus de fusion du lit de poudre par le faisceau laser. Des paramètres caractérisant l'évolution des propriétés physiques du matériau et du milieu gazeux en fonction de la température et de la pression ont été intégrés dans les bases de données du modèle. Ces paramètres physiques du matériau ont été déterminés à partir de la littérature et d'autres ont été obtenus empiriquement à l'aide de mesures expérimentales spécifiques. Ce modèle numérique a été utilisé pour traiter le sujet principal de la thèse celui de l'effet de la pression. Le modèle a permis de préciser les phénomènes physiques inhérents à la variation de la pression. Des manipulations expérimentales ont permis de vérifier la pertinence des données du modèle numérique proposé.

Abstract: The selective laser melting process (SLM) of a metallic powder bed is an innovative process that allows the manufacturing of complex shape parts directly from a CAD file via a complete melting of powder layers deposited successively. During the SLM process, the high laser energy density creates many thermal cycles: melting - vaporization - solidification. The purpose of this work was: 1) to better characterize and understand experimentally the phenomena that occur during the laser beam - powder / molten metal pool interaction and 2) to develop a numerical model taking into account the phenomena of melting and vaporization of the material and the presence of the surrounding gas in the build chamber. In a first time, considering simple geometries (tracks and surfaces) and 316L stainless steel as material, we studied the interaction between the laser beam, the powder bed and the liquid metal pool using several experimental techniques (spectrometry, power sensor, Matsunawa method...) in order to understand the nature and role of the metal vapor generated during the process. The results showed that the vapor has no effect on the transmission of the laser beam process to the material during the SLM process. Meanwhile, it leads to the deposition of clusters and may also drag some molten metal droplets. In a second time, a numerical model was developed to determine the influence of the pressure of the surrounding environment on the melting process of a powder bed by a laser beam. Parameters characterizing the evolution of the physical properties of the material and of the gaseous medium according to the temperature and pressure were incorporated into the model database. Some physical material parameters were determined from the literature and others were obtained empirically using specific experimental measurements. Finally, this numerical model, complementing experimental results, was used to treat the main subject of the thesis which is the effect of pressure. The model helped to clarify the physical phenomena provided by the change in the pressure level and its validity was checked through experimental measurements.