

PostDoc Subject:

EBM (Electron Beam Melting) numerical control strategies for very high speed metal additive manufacturing

Starting date: As soon as possible in 2020

Duration: 2 years

Laboratory:

L2S (Laboratoire des Signaux et Systèmes), UMR 8506 CentraleSupélec-CNRS-Univ. Paris Sud, Département Automatique, Plateau de Moulon, 3 rue Joliot-Curie, 91 192 Gif sur Yvette cedex

Context:

In metal additive manufacturing, one of the principal objectives is to optimise the machine productivity maximizing the path following speed, whatever the actuator used for control and the associated energy source. In this context, an important link relates to the elaboration of optimal control strategies for the considered actuators. Previous works have opened up perspectives in SLM (Selective Laser Melting) processes with a galvanometer as the actuator of the operating part and a laser as the associated energy source.

In the framework of this research work, and in order to carry out very high speed path following, we will focus more specifically on the EBM (Electron Beam Melting) type process. EBM associates an electron gun for the energy source and a coil as the actuator performing the control of the electron beam. The work will focus in particular on the control of the coil currents, the interest residing in the possibility of obtaining very fast dynamics for this actuator, which is not possible with SLM process.

The research will mainly be conducted at L2S, but may also include actions on a machine equipped with an electron gun present at the LPGP (Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas) in Orsay. They will also be the opportunity of exchanges with other PhD students on related subjects.

Proposed work:

(Given the confidentiality constraints of the project, the description of the problem is deliberately short)

EBM has numerous advantages over SLM. The use of an electron gun, for example, makes it possible to vary the power and diameter of the electron beam, which ensures both the control of the thermal energy supplied to the powder bed and the control of the selectivity of the beam. Moreover, since the beam is controlled by coils and not by mechanical elements such as galvanometers in SLM, the movements can be performed at very high speed.

Therefore, this technology using a source of higher power than a laser will have the consequence of being able to increase the path following speeds and therefore the productivity. In addition, the absence of mechanical inertia should lead to higher response times for coils than for galvanometers, therefore some of the speed gains will come from the technology itself. However, it will also come from the developed control strategies, knowing that, unlike the galvanometers, there is neither direct nor indirect measurement of the position of the beam.

The first part of the thesis will therefore focus on obtaining this information, either from the measurement of other characteristic signals or from the information derived from a model that will have to be determined through a parameters identification phase. The second part will focus on the optimization of the static and dynamic calibrations of the system and the calibration of the parameters to have a representativity between the simulation and the real shots. The use of backscattered electron analysis (electron microscope technique), among other things, provides an accurate image of the fused areas. The third part of the work will focus on the development and validation of control laws in order to:

- achieve very high performances in terms of coil dynamics, as well as the determination of the associated electronics required to control these coils in order to increase the melting rates of the process and the optimal distribution of energy affecting material quality;
- improve the precision of the shots and the accuracy of the trajectory tracking in order to improve the geometric and surface quality of the produced parts.

Required skills:

This thesis requires some or all of the following skills:

- numerical control of machine tools: modelling and control of an electromechanical chain
- basic automatic control skills
- knowledge in Matlab/Simulink and C/C++
- integration, experimentation and validation on an industrial testing platform
- analysis skills, autonomy and initiative
- ability to work in a collaborative project
- ability to communicate both orally and in writing (in English and French)

Salary:

Approximately 2600€ before tax or 2100€ net.

Application : send

- CV
- a motivation letter
- master's and/or engineering studies evaluations
- PhD thesis and PhD thesis evaluation reports
- two recommendation letters
- the coordinates of two referees

Contact: Send your application by e-mail to

Didier Dumur : didier.dumur@centralesupelec.fr

Pedro Rodriguez-Ayerbe : pedro.rodriguez@centralesupelec.fr

Sujet de PostDoc :

Elaboration de stratégies de commande numérique pour pilotage EBM à très haute vitesse en fabrication additive

Début du projet : janvier 2020

Durée : 2 ans

Laboratoire d'accueil :

L2S (Laboratoire des Signaux et Systèmes), UMR 8506 CentraleSupélec-CNRS-Univ. Paris Sud, Département Automatique, Plateau de Moulon, 3 rue Joliot-Curie, 91 192 Gif sur Yvette cedex

Contexte :

En fabrication additive métallique, l'un des objectifs principaux est d'optimiser la productivité de la machine en maximisant la vitesse de parcours, ceci quels que soient l'actionneur utilisé et sa source d'énergie associée. Dans ce contexte, un maillon important a trait à la recherche de stratégies de pilotage optimales pour les actionneurs considérés. Des travaux précédents ont permis d'ouvrir des perspectives dans le cadre de procédés SLM (Selective Laser Melting) avec une association galvanomètre comme actionneur de partie opérative et laser comme source d'énergie associée.

Dans le cadre de ce projet de recherche, et afin de réaliser un pilotage à très haute vitesse, on s'intéressera plus spécifiquement au procédé de type EBM (Electron Beam Melting) qui associe canon à électrons pour la source d'énergie et bobine comme actionneur réalisant le pilotage du faisceau d'électrons. Les travaux se focaliseront en particulier sur la commande des courants des bobines, l'intérêt résidant dans la possibilité d'obtenir pour cet actionneur des dynamiques très rapides, ce que ne permettent pas les galvanomètres du procédé SLM. Les recherches seront principalement menées au L2S, mais pourront inclure également des actions sur une machine équipée d'un canon à électrons présente au LPGP (Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas) à Orsay. Elles feront enfin l'objet d'échanges avec d'autres doctorants sur des sujets connexes.

Problématique :

(Compte tenu des contraintes de confidentialité liées au projet, la description de la problématique est volontairement courte)

Le procédé EBM présente un certain nombre d'avantages par rapport à la technique SLM. Ainsi, l'utilisation d'un canon à électrons permet de faire varier la puissance et le diamètre du faisceau d'électrons, ce qui assure tant le contrôle de l'énergie thermique apportée au lit de poudre que celui de la sélectivité du faisceau. De plus, le pilotage du faisceau étant réalisé par des bobines et non par des éléments mécaniques comme pour le SLM (galvano-scanner), la vitesse de déplacement peut être très élevée.

Par conséquent, cette technologie utilisant une source de plus forte puissance qu'un laser aura pour conséquence de pouvoir augmenter les vitesses de parcours donc la productivité, et l'absence d'inertie mécanique devrait mener à des temps de réponse des bobines

beaucoup plus faibles que ceux obtenus avec des galvanomètres. Une partie des gains en vitesse viendra donc de la technologie elle-même.

Mais elle viendra également des stratégies de pilotage développées, sachant que, à la différence des galvanomètres, on ne dispose de mesure ni directe ni indirecte de la position du faisceau.

La première partie des travaux portera donc sur la caractérisation de la chaîne optique du canon et l'obtention de cette information, soit à partir de la mesure d'autres signaux caractéristiques, soit à partir de l'information issue d'un modèle qu'il s'agira de déterminer et dont il faudra en identifier les paramètres.

La deuxième partie portera sur l'optimisation des calibrations statique et dynamique du système et le calage des paramètres pour avoir une représentativité entre la simulation et les tirs réels. L'utilisation, entre autres, de l'analyse des électrons rétrodiffusés (technique du microscope électronique) permet d'avoir une image précise des zones fondues.

La troisième partie des travaux se focalisera sur l'élaboration et la validation de lois de commande en vue :

- d'atteindre des performances très élevées en termes de dynamique des bobines, ainsi que la détermination de l'électronique associée nécessaire à la commande de ces bobines afin d'augmenter les débits de fusion du procédé et la répartition optimale de l'énergie impactant la qualité matériau ;
- d'améliorer la précision des tirs et la fidélité du suivi de trajectoire en vue d'améliorer la qualité géométrique et les états de surface des pièces réalisées.

Vos compétences :

Nous recherchons un(e) candidat(e) ayant tout ou partie des compétences suivantes :

- commande numérique de machine-outil : modélisation et pilotage d'une chaîne électromécanique
- théorie des asservissements
- environnement de développement Matlab, C/C++, Python
- intégration, expérimentation et validation sur plateforme de test industrielle
- capacités d'analyse, synthèse, d'autonomie, esprit innovant et prise d'initiative
- capacité à travailler en équipe au sein d'un projet collaboratif
- aptitude à communiquer aussi bien à l'oral qu'à l'écrit (en français et anglais)

Salaire : environ 2600€ brut

Candidature : faire parvenir

- un CV
- une lettre de motivation
- les relevés de notes du cursus de master et/ou d'ingénieur
- les rapports de rapporteurs de la thèse ainsi que le rapport de soutenance de thèse
- deux lettres de recommandation
- les coordonnées de deux personnes référentes.

Contact : Envoyer votre candidature par courriel à

Didier Dumur : didier.dumur@centralesupelec.fr

Pedro Rodriguez-Ayerbe : pedro.rodriguez@centralesupelec.fr