

Titre : Mise à jour dynamique du modèle géométrique produit en fabrication additive par dépôt de fil métallique

Mots clés : Fabrication additive métallique, défauts géométriques, modélisation multi-échelle, mesure *in-situ*, corrélation d'image numérique, étalonnage, évaluation de texture, multivue

Résumé : La fabrication additive est un procédé qui permet la production de pièces par dépôt couche par couche. Lorsqu'elle est associée avec des opérations d'usinage et de finition, elle devient un procédé hybride qui renforce les capacités de fabrication. Ainsi, la production de pièces complexes comprenant plusieurs entités nécessite une optimisation mutuelle des procédés additifs et soustractifs. Cela implique des ajustements et une intégration de diverses opérations. Les défauts géométriques apparaissant lors de la fabrication des pièces peuvent impacter la production des entités suivantes, rendant la mesure en temps réel essentielle. Un système de mesure non destructif de la géométrie externe est alors nécessaire pour évaluer les écarts géométriques sans recourir à des post-traitements complexes.

Une approche basée sur la stéréocorrélation d'images est proposée pour répondre à cette problématique. Ainsi, un système de mesure *in-situ* composé d'une paire de caméras est choisi et installé dans l'environnement de fabrication. Une technique de calibration améliorée, par rapport aux approches existantes, est proposée et adaptée dans ce travail. De plus, des images de pièces produites par la fabrication additive laser/arc fil sont acquises. Ce travail propose alors une modélisation multi-

échelle capable de représenter trois niveaux de défauts : l'ondulation des cordons, les défauts locaux et ceux à l'échelle de l'entité. Cette modélisation est couplée avec la technique de corrélation d'images. La représentation multi-échelle est obtenue en utilisant la même paire d'images, tout en changeant uniquement le type de géométrie nominale : un maillage, un patch de Bézier et un superellipsoïde, respectivement. Les trois modèles ont montré des résultats intéressants permettant de mettre à jour la géométrie réelle défectueuse dans le modèle de fabrication assistée par ordinateur. Ce type de mesure par corrélation d'images n'a pas encore été réalisé dans la littérature dans le contexte de la fabrication additive.

Enfin, la texture naturelle issue des procédés additifs est évaluée et comparée à des textures obtenues avec l'ajout des motifs classiques. Cette étude a validé sa pertinence pour la corrélation d'images et son intérêt pour la mesure *in-situ*, puisque l'étape de texturation peut être évitée. En complément, la problématique d'acquisition du volume total est également abordée. Une approche de mesure multivue est implémentée et validée sur une étude de cas afin de répondre aux limitations soulevées par la mesure avec une seule vue.

Title: Dynamic updating of the geometric model produced in additive manufacturing by wire deposit

Keywords: Metallic additive manufacturing, geometrical defects, multi-scale modeling, *in-situ* measurements, digital image correlation, calibration, texture evaluation, multi-view

Abstract: Additive manufacturing is a process that produces parts by depositing layers on top of one another. When combined with machining and surface finishing operations, a hybrid process is obtained and increases manufacturing capabilities. Therefore, producing complex parts with multiple entities requires optimizing additive and subtractive processes. This involves adjusting and integrating various operations. Geometric defects that occur during the components' deposition can affect subsequent entity production, making real-time measurement crucial. A non-destructive measuring system of the external geometry is essential to assess the deviations without complex post-processing.

A comprehensive image stereocorrelation approach addresses the challenge in this research. Therefore, an *in-situ* measuring system composed of a camera pair is chosen and installed in the manufacturing environment. Compared to existing ones, an improved calibration technique is proposed and adapted during this work. In addition, images of the parts produced in wire laser/arc additive manufacturing are acquired. Hence, this research sug-

gests a multi-scale modeling approach capable of representing three levels of deviations: bead waviness, local defects, and entity scale defects. This modeling is coupled with the image correlation technique. The scale's representation is achieved by using the same pair of images while only changing the nominal geometry type: a mesh, a Bézier patch, and a superellipsoid, respectively. The three models showed interesting results that allow updating the real defective geometry in the computed aided manufacturing model. This kind of image correlation measurement in additive manufacturing hasn't been achieved in the literature.

Finally, the natural texture produced in additive processes is evaluated and compared to that of ones with classical patterns. This research validated its sufficiency for image correlation and the advantage for *in-situ* measurement since the texturing step can be bypassed. In addition, the volume acquisition challenge is addressed. A multi-view measurement approach is implemented and validated on a case study to overcome the single-view limitations raised in this research.