



Avis de Soutenance

Monsieur Hongjian WU

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **mardi 15 décembre 2020** à 10h00

Lieu : Université de Technologie Belfort-Montbéliard - UTBM Site de Sévenans 90010 Belfort cedex

Salle : P228

Titre des travaux : Modélisation et Planification de Processus pour la Fabrication Additive Basé Robotique-Projection à Froid

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 60

Unité de recherche : Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne

Directeur de thèse : Sihao DENG

Codirecteur de thèse : Rija RAOELISON HDR NON HDR

Soutenance : Publique A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Sihao DENG	Maître de conférences	Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de thèse
M. Rija-Nirina RAOELISON	Maître de conférences	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard	Co-directeur de thèse
M. Pasquale Daniele CAVALIERE	Professeur	University of Salento, Department of Innovation Engineering	Rapporteur
M. Paulo DA SILVA BARTOLO	Professeur	Manchester Biomanufacturing Centre, School of Mechanical and Aerospace and Civil Engineering, Manchester Institute of Biotechnology, University of Manchester	Rapporteur
M. Kondo HLOINDO ADJALLAH	Professeur	Université de Lorraine	Examineur
M. Han LIAO	Professeur	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard	Examineur

Mots-clés : Projection à froid, Robot, Fabrication additive, Simulation, Cadre modulaire, Stratégie de projection

Résumé de la thèse (en français) :

La projection à froid (Cold spray, CS) est une technologie de dépôt de revêtement à l'état solide qui a récemment été appliquée comme processus de fabrication additive (Additive manufacturing, AM) pour fabriquer des composants individuels. Ce procédé potentiel attire de plus en plus de l'attention en raison de ses avantages : efficacité de formage élevée, basse température de travail et absence de changement de phase des matériaux. Ces avantages peuvent permettre à la projection à froid de former des objets de grand volume pour devenir un procédé de fabrication additive efficace. De nos jours, de nouvelles avancées dans la fabrication additive à froid (Cold spray additive manufacturing, CSAM) nécessitent de nouvelles implémentations de processus pour améliorer la précision et la flexibilité de fabrication. Par conséquent, le but de cette étude est d'améliorer la méthode additive utilisant la projection à froid grâce à la modélisation et à la planification du processus robotique CS. Le travail de cette thèse se compose en trois parties. Premièrement, des efforts ont été consacrés à la conception et à la mise en œuvre d'un nouveau cadre pour la technique CSAM. Dans cette partie, un concept de système modulaire est présenté. Ici, le système CSAM actuel est décomposé en différents modules afin de comprendre les relations physiques et fonctionnelles entre les éléments clés de l'ensemble du système. Cette modularité physique et fonctionnelle est une nécessité indispensable pour promouvoir les processus AM hybrides. De nouveaux modules, tels que le module de mesure in-situ, le module inter-processus peuvent être intégrés pour offrir plus de possibilités au processus CS conventionnel. Il est révélé que la modularité du système est adaptée pour révolutionner la méthode et technique CSAM. On peut voir que pour exploiter pleinement le potentiel de cette approche, des efforts sont encore nécessaires pour intégrer et coordonner davantage de technologies à l'aide du cadre modulaire proposé. Deuxièmement, une nouvelle approche est présentée pour simuler le dépôt. Ici, un modèle géométrique tridimensionnel du profil de revêtement basé sur la distribution gaussienne est développé. Le modèle est combiné avec la trajectoire du robot et les paramètres de traitement pour simuler l'évolution des dépôts. En outre, il peut offrir une prédiction précise du profil dans la plate-forme de programmation hors ligne du robot, en particulier dans le cas des effets d'ombre, ce qui permet l'intégration de la programmation du robot avec la simulation pour mieux contrôler le processus de revêtement. Les résultats des vérifications numériques et expérimentales montrent que cette méthode proposée a une bonne précision de prédiction. Enfin, par rapport à la stratégie actuelle de formation de volume basée sur le volume (par exemple, une méthode basée sur la tessellation), cette étude propose une nouvelle stratégie qui prend en compte les caractéristiques et les paramètres cinématiques de la projection à froid pour améliorer la construction de couches stables pour l'obtention de forme 3D. La simulation et les expériences sont menées pour la vérification de la méthode. Les essais comparatives créés par couches ont une meilleure précision de forme que celle des méthodes existantes. Cela implique que la méthode proposée fait de la projection à froid un processus additif efficace pour la création additive de formes 3D.

Abstract (in English):

Cold spray (CS) is a solid-state coating deposition technology that has recently been applied as an additive manufacturing (AM) process to fabricate individual components. This potential AM process is attracting more and more attention because of its advantages: high-forming efficiency, low temperature, and no phase changing of materials. These advantages make CS able to form large-volume objects to become an efficient and effective AM process. Nowadays, new advances in cold spray additive manufacturing (CSAM) call for new process implementation to improve the manufacturing accuracy and flexibility. Therefore, the purpose of this study is to enhance CS-based AM through the modeling and planning of the robotic CS process. The work of this thesis consists of three parts. Firstly, efforts have been dedicated to design and implement a new framework for CSAM. In this part, a concept of modular system is presented. Here, the current CSAM system is decomposed into different modules in order to understand the physical and functional relationships between the key elements of the entire system. This physical and functional modularity is an indispensable necessity to promote hybrid AM processes. New modules, such as in-situ measurement module, inter-process module can be integrated into the framework to bring more possibilities to the conventional CS process. It is revealed that system modularity is suitable to revolutionize the CSAM method and conduction. It can be seen that to fully exert the potential of

CSAM, efforts are still required to integrate and coordinate more technologies with the help of the proposed modular framework. Secondly, a novel approach is presented to simulate the CS deposition. Here, a three-dimensional geometric model of the coating profile based on Gaussian distribution is developed. The model is combined with robot trajectory and processing parameters to simulate the evolving CS deposits. In addition, it can offer accurate profile prediction in the robot off-line programming platform, especially in case of shadow effects, which enables the integration of robot programming with simulation to better control the coating process. The results of both numerical and experimental verifications show that this proposed method has a good prediction accuracy for practice. At last, compared with the current bulk-based volume-forming strategy (e.g. a tessellation-based method), this study proposes a new spray strategy that considers the characteristics and kinematic parameters of cold spray to enhance stable layer building for 3D shape forming. Both simulation and experiments are conducted for method verification. Layer built benchmarking test objects have better shape accuracy than that of existing methods. This implies that the proposed method makes CS a real and layer-by-layer ready AM process for 3D shape forming.