



Séminaire du 11 Mars 2021



Cold Spray

Étude du comportement mécanique des poudres d'aluminium pour le cold spray par essais de micro-compression et de choc laser

Hugo DURANT^{1,2}

¹ MINES ParisTech – PSL Research University, Centre des matériaux, Evry, France

² Toyal

La projection dynamique par gaz froid, « cold spray » en anglais, est un procédé additif permettant de faire des revêtements par empilement successif de particules projetées à haute vitesse (300-1000 ms⁻¹) sur un substrat. A l'impact, les particules subissent de grandes déformations relativement à froid (en dessous de la température de fusion) en régime de dynamique rapide. Ce procédé suscite de plus en plus l'intérêt des industriels pour sa souplesse tant dans les applications (fabrication additive, réparation, fonctionnalisation de surface, etc.) que dans les matériaux projetables (poudres de métal, polymère, céramique ou des mélanges).

Le comportement mécanique des poudres est un aspect fondamental pour comprendre les mécanismes d'ancrage et de construction des dépôts cold spray et reste encore l'apanage de la simulation numérique, au vu de l'échelle spatio-temporelle des impacts (dizaine de μm , dizaine de ns). Le modèle de comportement et l'identification de ses paramètres est l'un des aspects les plus critiques dans les approche par modélisation mécanique. Des modèles matériaux dynamique adaptés aux vitesses de déformation en jeu existe, cependant, les données matériaux utilisées sont majoritairement issues des essais de barres de Hopkinson. Dans cette méthode, les vitesses de déformation peuvent être jusqu'à mille fois plus faibles qu'en projection dynamique et un effet d'échelle est à prévoir entre les éprouvettes centimétriques des essais type Hopkinson et les particules micrométriques du cold spray.

L'étude consiste à la création d'une méthode expérimentale et numérique permettant une caractérisation adaptée vitesses de déformations en jeu et aux poudres métalliques. Un premier essai de compression in-situ MEB de particule isolés est effectué régime quasi-statique. Cet essai permet de déterminer les coefficient statique du modèle de Johnson-Cook. Les coefficient liées à la visco-plasticité et à la sensibilité thermique sont déterminé à l'aide d'un essai par choc laser. Un banc appelé « LASHPOL » (LAsEr SHock POWder Launcher) a été développé pour accélérer une particule isolée et l'impactée sur un substrat en mesurant la vitesse celle-ci. Des simulations de chaque essai et une méthode d'optimisation de coefficient ont été mis en place pour caractériser les poudres en régime du cold spray.

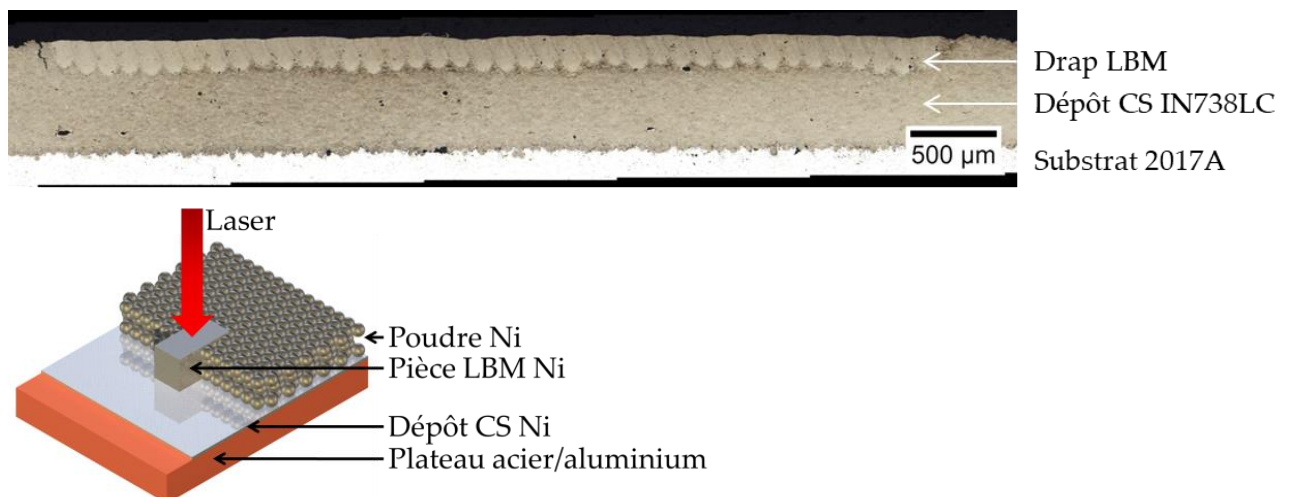
Mise en œuvre de dépôts « cold spray » à partir de poudres base nickel pour le chaînage avec la fusion laser : étude des effets mécaniques et thermiques sur les microstructures

Cléa PLOUZE¹, Vincent GUIPONT¹, Djamel MISSOUM-BENZIANE¹, Georg MAUER², Lyliat FERHAT¹

¹ MINES ParisTech – PSL Research University, Centre des matériaux, Evry, France,

² Forschungszentrum Jülich GmbH, Institute of Energy and Processing (IEK-1), 52 425 Jülich, Germany
clea.plouze@mines-paristech.fr

Le procédé cold spray (CS) consiste à projeter des poudres métalliques à vitesse supersonique sur un substrat pour former à l'état solide des revêtements épais, denses et très peu oxydés. La microstructure des dépôts CS est constituée de particules fortement déformées et écrouies. Le procédé Laser Beam Melting (LBM) de fabrication additive par fusion sur lit de poudre permet lui une très grande précision dimensionnelle pour la fabrication de pièces, mais au prix d'un temps de fabrication beaucoup plus élevé. Le chaînage de deux procédés, l'un « froid » et l'autre « chaud », qui utilisent le même type de poudre a pour objectif de combiner leurs avantages respectifs. Ce chaînage est avantageusement illustré à travers l'étude de plateaux de fabrication LBM revêtu par cold spray. Support de fabrication des pièces, les plateaux conduisent beaucoup la chaleur produite par le laser. Une composition homogène avec le matériau LBM est préférable pour éviter la fissuration à la liaison avec le plateau. Dans cette étude, des dépôts CS d'IN738LC, superalliage base nickel utilisé dans la fabrication d'aubes de turbine, et de Ni sont soumis à des essais de laser LBM. Différentes techniques de caractérisation sont mises en œuvre (microstructure, mesure des contraintes résiduelles par DRX, microdureté) pour analyser les phénomènes thermiques et mécaniques intervenant dans la construction du dépôt et dans sa tenue face au chargement thermique induit par le passage du laser, avec un questionnement autour de la fissuration dans les dépôts CS.



Etudes des propriétés tribologiques d'un revêtement composite métal-céramique-lubrifiant solide obtenu par projection dynamique par gaz froid « cold spray »

Glyadys GARCIN¹,

¹ MINES ParisTech – PSL Research University, Centre des matériaux, Evry, France

L'industrie automobile est particulièrement touchée par de nombreuses réglementations environnementales visant à réduire les émissions de CO₂ des véhicules. Deux principaux moyens sont alors mis en œuvre afin de respecter ces réglementations : la diminution de la masse des véhicules et la réduction des frottements dans les contacts. C'est dans ce contexte que des revêtements composites ont été envisagés dans le but de remplacer une pièce de moteur fortement sollicitée. Etant données les conditions de fonctionnement de la pièce à l'étude, le revêtement se doit de posséder, principalement, une bonne résistance à l'usure, au grippage et en fatigue. Pour cela, un revêtement composite, métal-céramique-lubrifiant solide a été envisagé. Alumine et/ou graphite ont été ajoutés en différentes proportions dans une matrice à base bronze CuSn₁₀. Les revêtements ont été déposés sur des substrats en acier via le procédé cold spray. L'étude s'est portée sur la relation entre la microstructure du dépôt obtenu et les propriétés tribologiques du revêtement qui en découlent. Les essais tribologiques ont été mis en œuvre au moyen d'un dispositif couronne sur disque afin de mettre en évidence l'apport des différents constituants dans les propriétés tribologiques du revêtement. Il en résulte que l'alumine sous forme d'agglomérats améliore considérablement les propriétés du revêtement à base bronze en termes de frottement et d'usure. L'intérêt de lubrifiant solide, tel que le graphite, n'a quant à lui pas été mis en évidence. Celui-ci génère, au contraire, des délaminations au sein du dépôt.

Dépôt cold spray à fonction tribologique sur cylindre de bloc-moteur automobile

Laurent AUBANEL^{1,2}, Alain THOREL¹, Francesco DELLORO¹

¹ MINES ParisTech – PSL Research University, Centre des matériaux, Evry, France

² Renault

Présentation du sujet de thèse et de son contexte scientifique et industriel :

Renault, et les constructeurs automobile en général, sont confrontés à de forts enjeux de réduction des émissions de CO₂. La friction des pistons sur le bloc-moteur représente plus de 50% des frottements dans les moteurs thermiques, ce qui constitue une forte contribution aux émissions de CO₂. Cette recherche a pour objectifs d'étudier la faisabilité d'application des revêtements cold spray dans les cylindres de bloc-moteur et de comprendre comment les propriétés de ces dépôts, ainsi que leur topographie de surface, peuvent influencer leurs performances tribologiques en régime lubrifié. Une première partie portera donc sur l'étude des paramètres process sur la réalisation de dépôts cold spray dans des cylindres. Puis le comportement tribologique de différents dépôts en aciers inoxydables purs sera évalué dans le but de sélectionner le plus prometteur. Celui-ci sera enrichi avec des particules de renforts pour former un dépôt composite présentant une forte résistance à l'usure. Les caractérisations topographiques, microstructurales et mécaniques des dépôts avant et après essais tribologiques seront présentées et permettront d'émettre des hypothèses expliquant le comportement de ces différents dépôts cold spray.



Vous pouvez nous contacter :

- Par courrier postal :

Centre des Matériaux Pierre-Marie Fourt
Mines ParisTech
CNRS UMR 7633, BP 87 91003 Evry, France

- Par téléphone : +33 (0)1 60 76 30 00
- Par fax : +33 (0)1 60 76 31 50
- Par courrier électronique : semteam@mat.mines-paristech.fr
- Site web : <http://www.mat.mines-paristech.fr>

Equipe séminaire :

Daniel IRMER
Paul BEGUIN
Wajih JBARA