

Feuille de route 2014 pour la projection plasma : Procédés émergents - Applications clés - Recherches prioritaires

Armelle Vardelle, Christophe Chazelas

Laboratoire Sciences des Procédés Céramiques et Traitements de Surface, UMR CNRS 7315

Université de Limoges, Limoges, France.

ENSIL, 12 rue Atlantis, 87068 Limoges, cedex, France.

courriel : armelle@ensil.unilim.fr

Apparue dans les années 50, la projection plasma est aujourd'hui une des technologies les plus utilisées pour appliquer un revêtement d'une centaine de micromètres à quelques millimètres d'épaisseur sur la surface d'un substrat pour la protéger des agressions extérieures ou la fonctionnaliser. Ses principaux domaines d'application sont l'aéronautique, les turbines à gaz industrielles, l'automobile, le biomédical et l'électronique. Ses caractéristiques sont la très large gamme de matériaux qui peut être déposée (des polymères aux céramiques), une vitesse de déposition élevée (jusqu'à quelques kilogrammes par heure), une grande flexibilité sur la géométrie et la dimension des pièces à revêtir et un mode opératoire relativement simple.

Ce dernier est basé sur l'injection d'un matériau solide sous forme pulvérulente dans un jet de plasma ; les particules sont accélérées et fondues et impactent sur le substrat où la décélération brutale des gouttes provoque une augmentation de pression à l'interface particule-surface qui force la matière liquide à s'écouler latéralement. Le liquide se propage à partir du point d'impact, se solidifie et forme une lamelle; le revêtement est réalisé par l'empilement de ces lamelles. La taille des particules projetées est généralement comprise entre 10 et 100 μm ; les lamelles résultantes ont une épaisseur de quelques micromètres et un diamètre de quelques dizaines à quelques centaines de micromètres. Aussi l'échelle de référence des caractéristiques de la microstructure du revêtement (lamelles, particules non fondues, pores, fissures, etc.) est-elle le micromètre, même si la taille des colonnes ou des grains qui se développent à l'intérieur d'une lamelle est de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres.

Dans les domaines d'applications des revêtements plasma, la pression mondiale sur les prix soulève de nouveaux défis pour les procédés de fabrication; leurs réponses sont en général une accélération de la production, une amélioration de la reproductibilité et une meilleure réponse aux exigences accrues des utilisateurs : par exemple températures de fonctionnement et durée de vie plus élevée pour les aubes de turbines aéronautiques et terrestres, tenue à l'usure et la corrosion dans des conditions extrêmes. Elles ont conduit, d'une part, à modifier la base du procédé de projection plasma, la torche à plasma et, d'autre part, à développer deux nouveaux procédés. Ils visent à produire des revêtements avec une microstructure plus fine, voire nanométrique, et plus souple par rapport aux contraintes mécaniques qu'une structure lamellaire. Le premier procédé utilise l'équipement de base du procédé de projection plasma mais le matériau à projeter consiste en une poudre nanométrique en suspension dans un solvant ou en une solution de précurseurs chimiques. Dans ce dernier cas, le matériau est synthétisé dans le jet de plasma. Le second procédé tire parti de l'enthalpie spécifique du jet de plasma ($10^6 - 10^7 \text{ J/m}^3$) et du flux thermique au matériau traité ($10^7 - 10^9 \text{ W/m}^2$) pour évaporer ce matériau et former un revêtement par condensation de la matière vaporisée sur le substrat ou par accumulation de nano et microgouttelettes. Il peut également utiliser des précurseurs liquides ou gazeux et s'apparente alors à un procédé de CVD. Ces deux procédés émergents permettent la formation de couches avec des structures colonnaires et également de couches plus minces que les revêtements plasma conventionnels.

Cette présentation traite des défis et des opportunités soulevés par les tendances actuelles en projection plasma. Elle est en partie basée sur le Livre blanc 2014 (Annexe 5) de la projection thermique établi par l'ASM Thermal Spray Society pour mettre en avant les verrous scientifiques et technologiques pour les procédés de projection thermique et proposer des axes de recherche prioritaires. Elle aborde également le contexte environnemental et de production durable dans lesquels s'inscrivent ces nouveaux procédés.