

SYNCHRONOUS INJECTION OF CERAMIC SUSPENSIONS IN PULSED ARC PLASMA

FABRICE MAVIER¹, VINCENT RAT¹, MARTINE LEJEUNE¹, JEAN-FRANCOIS COUDERT¹, MARGUERITE BIENIA¹, CHRISTOPHE CHAZELAS¹

¹ *University of Limoges, SPCTS UMR7315, European Ceramic Centre 12 rue Atlantis 87068, Limoges cedex, France*

Abstract: Direct current arc plasma torches are used in thermal spraying techniques. Research has led to the development of nanostructured coatings by suspension plasma spraying (SPS). However, plasma instabilities lead to heterogeneity and lack of reproducibility of deposits. Efforts to understand the origins of these instabilities have been made and a new approach is proposed here. A method for homogeneously treat the droplets injected into the plasma was developed. Finely structured homogeneous deposits are obtained.

Keywords: surface treatment, suspension plasma spray, pulsed arc plasma, plasma instabilities, inkjet injection

1. INTRODUCTION

La projection plasma de suspensions ouvre la voie à de nouvelles applications dans les domaines de l'électronique et des sondes. En effet, les industriels reconnaissent le caractère polyvalent et économique des torches à plasma d'arc. Cependant un meilleur contrôle des interactions plasma/suspension est nécessaire [1]. En effet, les torches à plasma d'arc génèrent un plasma fortement fluctuant qui modifie les transferts thermiques et dynamiques vers la gouttelette de suspension injectée, entraînant un traitement inhomogène de cette dernière. Cela influence directement les propriétés des dépôts [2]. Ces instabilités sont dues principalement à des phénomènes successifs d'élongation, claquage et réamorçage de l'arc électrique, aussi appelé "restrike mode" mais également à des effets de compressibilités du gaz plasmagène dans la cavité cathodique avec des oscillations de type Helmholtz [3]. Un couplage entre les modes restrike et Helmholtz est effectué en ajustant les paramètres opératoires de la torche permettant d'obtenir un plasma pulsé et une modulation contrôlée de ses propriétés. Ce dispositif est associé à une technologie d'éjection de type jet d'encre afin d'injecter de manière synchrone chaque gouttelette dans des conditions identiques pour réaliser des revêtements [4].

2. MONTAGE EXPÉRIMENTAL

Le schéma de principe du montage est présenté dans la figure 1. La torche plasma à pression atmosphérique est alimentée par une source de courant régulé. Le gaz plasmagène utilisé est l'azote. Le signal de tension pris entre l'anode et la cathode est envoyé à un boîtier de synchronisation qui va déclencher le pulse de sollicitation de la buse piézoélectrique de la tête d'éjection. La suspension injectée est à base de dioxyde de titane TiO₂.

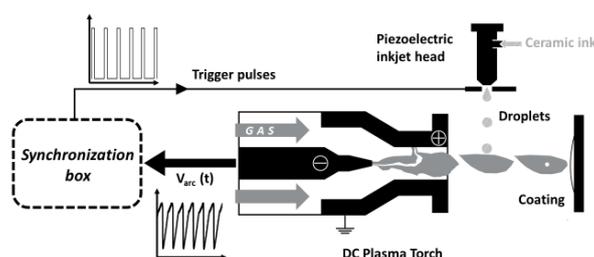


Fig.1. Représentation schématique du dispositif expérimental.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

La surface des dépôts réalisés avec ou sans synchronisation a été caractérisée par microscopie électronique à balayage (MEB) (Fig.2). L'absence du contrôle de l'injection conduit à des dépôts présentant une porosité grossière et une microstructure hétérogène où différentes formes et tailles de particules co-existent (Fig. 2.a). En synchronisant l'injection, les images révèlent des dépôts plus homogènes finement structurés et présentant une porosité de plus petite taille (Fig. 2.b).

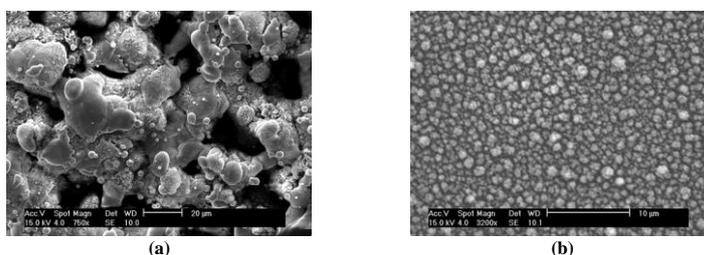


Fig.2. Morphologie de surface obtenue par MEB sur des substrats en inox de dépôts de dioxyde de titane non synchronisé (a) et synchronisé (b) avec le signal de tension de la torche.

La diffractométrie de rayons X et la microscopie à transmission (MET) montrent que les dépôts par injection synchronisée sont composés de TiO_2 Rutile, aucune phase amorphe n'est observée.

4. CONCLUSIONS

La projection plasma de suspensions ouvre la voie à de nouvelles applications dans les domaines de l'électronique et des sondes. Les instabilités de la torche sont un paramètre critique sur la qualité des dépôts. La compréhension de ces instabilités a permis la conception d'une torche expérimentale où l'enthalpie est modulée. Cette torche est couplée avec un système de synchronisation et une tête d'éjection piézoélectrique de type jet d'encre. Chaque goutte est ainsi injectée au coeur du plasma à un moment précis, permettant un traitement homogène de la particule. Des dépôts de dioxyde de titane en phase rutile à partir d'une suspension ont été réalisés. Les dépôts obtenus sont homogènes et finement structurés. Il reste à définir plus en détail ce procédé, en regardant notamment l'influence des paramètres opératoires.

RÉFÉRENCES

- [1] Sampath, S., "Thermal Spray Applications in Electronics and Sensors: Past, Present, and Future.", *Journal of Thermal Spray Technology* 19 (5): 921–49, 2010.
- [2] Etchart-Salas, R., "Projection par plasma d'arc de particules submicroniques en suspension. Approche expérimentale et analytique des phénomènes impliqués dans la reproductibilité et la qualité des dépôts." Thèse d'Université, (Université de Limoges, 2007).
- [3] Rat, V. and Coudert, J. F., "Pressure and Arc Voltage Coupling in Dc Plasma Torches: Identification and Extraction of Oscillation Modes." *Journal of Applied Physics* 108 (4): 043304, 2010.
- [4] Krowka, J., Rat, V. and Coudert, J. F., "Resonant Mode for a Dc Plasma Spray Torch by Means of Pressure–voltage Coupling: Application to Synchronized Liquid Injection.", *Journal of Physics D: Applied Physics* 46 (22): 224018, 2013.