

AVIS DE SOUTENANCE

Monsieur Zhoukun SHI

Présentera ses travaux en soutenance

Le *jeudi 16 octobre 2025* à 14h00

Lieu : Univ. de Technologie de Belfort-Montbéliard UTBM Rue de Leupe, 90400 Sevenans, France

Salle : P228

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat de Matériaux

Titre des travaux : Comparaison de revêtements fabriqués par projection plasma de suspensions avec deux configurations de torche (classique et à cascades) et deux types d'injecteur (mécanique et atomiseur)

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

Section CNU : 62

Unité de recherche : Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne

Directeur de thèse : Marie-Pierre PLANCHE

Codirecteur de thèse : Geoffrey DARUT ☐ HDR ☒ NON HDR

Soutenance : ☒ Publique ☐ A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
Mme Marie-Pierre PLANCHE	Professeure	Université de Technologie Belfort-Montbéliard	Directrice de thèse
M. Geoffrey DARUT	Ingénieur de recherche	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard	Co-directeur de thèse
Vincent GUIPONT	Chargé de recherche	Mines ParisTech	Rapporteur
Hélène AGEORGES	Maîtresse de conférences	Université de Limoges	Rapporteure
Ghislaine BERTRAND	Professeure	Toulouse INP-ENSIACET	Examinatrice
Hanlin LIAO	Professeur	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard	Examineur

Résumé de la thèse (en français) :

Cette étude examine l'effet de la projection plasma en suspension (SPS) sur la microstructure, la porosité et les performances thermiques des revêtements YSZ. Deux types de torches plasma soufflé ont été utilisés : la torche ProPlasma et la torche Cascade, chacune étant couplée à deux modes d'injection différents : un injecteur mécanique et un atomiseur à double fluide. L'objectif de cette recherche est d'analyser l'influence combinée du type de torche et du mode d'injection sur le comportement des gouttelettes dans le jet plasma, sur les caractéristiques structurales du revêtement déposé ainsi que sur ses performances en service. Un programme expérimental complet a été mené, intégrant des techniques de diagnostic in situ (SprayCam et AccuraSpray) pour observer et mesurer les caractéristiques des gouttelettes en suspension dans le plasma permettant de définir les pressions d'injection optimales pour chaque couple Torche/Injecteur. Des différences significatives au niveau de la morphologie des revêtements YSZ, de leur microstructure et de leurs propriétés ont été trouvées en fonction des conditions opératoires. Par ailleurs, l'influence de cinq paramètres clés du procédé a été étudiée de manière systématique : la charge massique de la suspension, la distance de projection, la puissance du plasma, le pas de projection et la rugosité du substrat sur la porosité du revêtement. À partir des données expérimentales, des modèles prédictifs de la porosité des revêtements ont été élaborés en utilisant la méthode des surfaces de réponse (RSM) et les réseaux de neurones artificiels (ANN). Enfin, des essais de cyclages thermiques (à 1150 °C) ont révélé que la microstructure joue un rôle déterminant dans le comportement à haute température : les fissures verticales traversantes favorisent la diffusion de l'oxygène vers le substrat, induisant la formation de phases spinelles à la périphérie de la couche d'oxyde de croissance (TGO), qui tend à accélérer la défaillance du revêtement. Ce travail propose ainsi une méthode généralisable d'optimisation du procédé SPS, en s'appuyant sur une analyse numérique pour établir les relations entre les paramètres de procédé, la microstructure du revêtement et sa porosité. La construction de modèles prédictifs fournit un soutien théorique et une base de données utiles pour la conception de revêtements de type TBC.

Résumé de la thèse (en anglais) :

This study investigates the effect of Suspension Plasma Spraying (SPS) on the microstructure, porosity, and thermal performance of yttria-stabilized zirconia (YSZ) thermal barrier coatings. Two types of plasma torches were used: the ProPlasma torch and the cascade-type Cascade torch, each combined with two different injection methods: a mechanical injector and a twin-fluid atomizer. The objective of this research is to systematically analyze the combined influence of torch type and injection method on droplet behavior in the plasma jet, the structural characteristics of the deposited coatings, and their service performance. A comprehensive experimental program was carried out, incorporating in-situ diagnostic techniques (SprayCam and Accuraspray) to observe and measure the characteristics of the suspension droplets within the plasma. These measurements helped define optimal injection pressures for each Torch/Injector combination. Significant differences were found in the morphology, microstructure, and properties of the YSZ coatings depending on the operating conditions. Furthermore, the influence of five key process parameters on coating porosity was systematically investigated: suspension mass load, spray distance, plasma power, torch scanning step, and substrate roughness. Based on the experimental data, predictive models of coating porosity were developed using Response Surface Methodology (RSM) and Artificial Neural Networks (ANN). Finally, thermal cycling tests (at 1150°C) revealed that the microstructure plays a crucial role in high-temperature performance: through-thickness vertical cracks promote oxygen diffusion into the substrate, leading to the formation of spinel phases at the edge of the thermally grown oxide (TGO), which tends to accelerate coating failure. This work proposes a generalizable method for optimizing the SPS process, relying on numerical analysis to establish relationships between process parameters, coating microstructure, and porosity. The development of predictive models provides theoretical support and a useful database for the design of TBC-type coatings.