

DISPOSITIF NOVATEUR DE TRAITEMENT DE LARGES SURFACES PAR PLASMA MICROONDE**INNOVATIVE DEVICE FOR THE TREATMENT OF LARGE SURFACES BY MICROWAVE PLASMA****Etablissement** Université Paris-Saclay GS Physique**École doctorale** Ondes et Matière**Spécialité** Physique**Unité de recherche** Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas**Encadrement de la thèse** Olivier LEROY (detailResp.pl?resp=40488)**Co-Encadrant** Jacques ROBERT (detailResp.pl?resp=12123)**Financement** du 01-10-2022 au 01-10-2025 *origine* Concours EDOM *Employeur* Université Paris-Saclay**Début de la thèse le** 1 octobre 2022**Date limite de candidature (à 23h59)** 11 mai 2022**Mots clés - Keywords**

traitement de surface, plasma, microondes, pression atmosphérique, air comprimé

surface treatment, plasma, microwave, atmospheric pressure, compressed air

Description de la problématique de recherche - Project description

Les traitements de surface sont nécessaires pour de nombreuses applications. On peut vouloir traiter une surface pour la nettoyer, pour la chauffer, pour la détruire ou encore pour modifier ses propriétés de surface (modifier ses propriétés d'adhésion par exemple). Pour se faire, les plasmas fonctionnant à la pression atmosphérique constituent un très bon outil, qui possède l'avantage d'agir sur des constantes de temps faibles et permet une action immédiate.

Ce projet de thèse se propose de développer et d'étudier des dispositifs basés sur des plasmas micro-onde permettant le traitement des matériaux par exposition à un plasma fonctionnant à l'air et à la pression atmosphérique. Parmi les sources existantes, on peut trouver la Torche à Injection Axiale (TIA), développée au LPGP, qui utilise l'énergie micro-onde et produit un jet de plasma composé d'un dard (zone énergétique très lumineuse) et d'un panache (qui s'apparente à une post-décharge), dont le diamètre est de l'ordre du millimètre et la hauteur de l'ordre de la dizaine de millimètres. Ce type de décharge a déjà été étudié à la fois expérimentalement et à l'aide de simulations numériques, et son action sur les surfaces a été validée au LPGP pour le nettoyage en continu de surfaces métalliques. Même si un traitement en défilement est possible, sa limitation tient dans la faible surface pouvant être traitée de manière instantanée.

Le travail proposé comporte plusieurs étapes. D'abord on s'attachera à définir de nouvelles configurations, capables de générer non plus des jets mais soit des jets en série soit - mieux encore - des rideaux de plasmas, et ainsi de pouvoir traiter les plus grandes surfaces possibles. Ainsi, la modélisation numérique du couplage électromagnétique (avec l'outil CST studio) sera employée afin de concevoir un système efficace. Par la suite, le plasma sera caractérisé expérimentalement en fonction des paramètres opérationnels (flux, homogénéité spatiale, etc.) mais aussi par rapport à la production d'espèces (température, densité, etc.).

L'action du plasma sur les matériaux traités peut produire différents aérosols, ozone, et autres composés organiques lors du traitement, dans des proportions qui seront quantifiées par des méthodes d'analyse et une partie de l'étude consistera à établir les paramètres qui permettent le contrôle des quantités produites en fonction du mélange gazeux envoyé dans le système.

Surface treatments are necessary for many applications. One can want to treat a surface to clean it, to heat it, to destroy it or to modify its surface properties (modify its adhesion properties for example). To do this, plasmas operating at atmospheric pressure are a very good tool, which has the advantage of acting on small time constants and allows an immediate action.

This thesis project proposes to develop and study devices based on microwave plasmas allowing the treatment of materials by exposure to a plasma operating in air and at atmospheric pressure. Among the existing sources, we can find the Axial Injection Torch ('Torche à injection axiale' - TIA), developed at the LPGP, which uses microwave energy and produces a plasma jet composed of a dart (very luminous energetic zone) and a plume (which is similar to an afterglow), whose diameter is of the order of a millimeter and whose height is of the order of a dozen millimeters. This type of discharge has already been studied both experimentally and with numerical simulations, and its action on surfaces has been validated at the LPGP for the continuous cleaning of metal surfaces. Even if scrolling processing is

possible, its limitation lies in the small area that can be processed instantly.

The proposed work includes several steps. First, we will define new configurations, able to generate either serial jets or - even better - curtains of plasmas, and thus to treat the largest possible surfaces. Thus, numerical modeling of the electromagnetic coupling (with the CST studio tool) will be used to design an efficient system. Subsequently, the plasma will be characterized experimentally in terms of operational parameters (flux, spatial homogeneity, etc.) but also in terms of species production (temperature, density, etc.).

The action of the plasma on the treated materials can produce different aerosols, ozone, and other organic compounds during the treatment, in proportions that will be quantified by analytical methods and part of the study will consist in establishing the parameters that allow the control of the quantities produced as a function of the gas mixture sent into the system.

Thématique / Domaine / Contexte

Les traitements de surface sont nécessaires pour de nombreuses applications. On peut vouloir traiter une surface pour la nettoyer, pour la chauffer, pour la détruire ou encore pour modifier ses propriétés de surface (modifier ses propriétés d'adhésion par exemple). Pour se faire, les plasmas fonctionnant à la pression atmosphérique constituent un très bon outil, qui possède l'avantage d'agir sur des constantes de temps faibles et permet une action immédiate.

Physique des Plasmas Traitements de surfaces

Parmi les solutions très écologiques à la recherche d'alternatives aux désherbants chimiques, on trouve l'association raisonnée entre les plantes cultivées sur les mêmes parcelles, qui permet de limiter la prolifération de plantes qui ne sont pas désirables. Toutefois, suivant les cultures, cette approche a pu montrer des limites. Ainsi, d'autres méthodes plus destructives ont été proposées ou sont en cours de développement, dont le traitement thermique ou électrique des plantes indésirables, qui présente l'avantage d'agir sur des constantes de temps faibles et permet une action immédiate en cas d'invasions imprévues de nouvelles espèces, par exemple du fait des modifications liées au changement climatique.

Objectifs

Définir de nouvelles configurations, capables de générer non plus des jets mais soit des jets en série soit - mieux encore - des rideaux de plasmas, et ainsi de pouvoir traiter les plus grandes surfaces possibles.

Méthode

La modélisation numérique du couplage électromagnétique (avec l'outil CST studio) sera employée afin de concevoir un système efficace. Par la suite, le plasma sera caractérisé expérimentalement en fonction des paramètres opérationnels (flux, homogénéité spatiale, etc.) mais aussi par rapport à la production d'espèces (température, densité, etc.). En outre, des diagnostics, essentiellement spectroscopiques permettront d'établir les paramètres le plus pertinents pour le contrôle des quantités produites en fonction du mélange gazeux envoyé dans le système.

Résultats attendus - Expected results

La conception de dispositifs basés sur l'association de jets de plasmas localisés (de type torche) ou bien de 'rideaux' de plasmas, ainsi que leur caractérisation expérimentale pour quantifier à la fois l'efficacité du traitement et les composés produits lors du traitement, devra déboucher sur un ou plusieurs prototypes pouvant être adapté(s) sur un système utilisable dans le milieu industriel.

Références bibliographiques

K. Gadonna
Thèse de Doctorat
Torche à plasma micro-onde à la pression atmosphérique : transfert thermique
soutenue au LPGP d'Orsay le 23/04/2020

D. Czyłmowski, M. Jasinski, J. Mizeraczyk
Novel low power microwave plasma sources at atmospheric pressure
Przeglad Elektrotechniczny (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 88 NR 8/2012

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

Le travail est effectué dans l'équipe TMP-DS du LPGP, dirigée par Tiberiu MINEA

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Le travail sera effectué au Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (LPGP) qui est une Zone à Régime Restrictif (ZRR).

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

publications dans des revues internationales

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

connaissances en physique des plasmas

knowledge of plasma physics

Dernière mise à jour le 15 avril 2022