

Nettoyage de surfaces de grandes dimensions par laser à excimères

M.L. Sentis, Ph. Delaporte, M. Gastaud, W. Marine et O. Utéza

Groupeement Interdisciplinaire Ablation Laser et Applications, LP3, FRE 2165 du CNRS et GPEC, UMR 6631 du CNRS, Faculté des Sciences de Luminy, Case 901, 13288 Marseille cedex 09, France

Résumé : Cet article présente une étude effectuée sur le nettoyage par ablation laser UV de contaminants fixés à la surface de matériaux et sur le développement de systèmes laser permettant le traitement automatisé de grandes surfaces. Les conditions d'irradiation permettant la suppression des oxydes par ablation laser UV et garantissant l'innocuité du procédé ont été définies. Le dispositif de nettoyage est constitué d'un laser XeCl, d'un système de transport par fibres optiques, d'une buse d'aspiration et d'un système permettant le contrôle en temps réel de la qualité du nettoyage.

1. INTRODUCTION

Dans le milieu industriel, la limitation des déchets générés par la préparation et le nettoyage de surfaces devient une préoccupation de plus en plus grande. En milieu nucléaire, il vient s'ajouter à ce problème déjà critique, la contrainte de la non exposition des personnels lors de la mise en œuvre des procédés de décontamination. C'est dans ce cadre que nous avons développé avec la société ONECTRA un procédé de nettoyage de surface, contaminées avec des oxydes radioactifs, utilisant le principe de l'ablation laser. Les différents éléments de ce dispositif et les résultats obtenus avec des oxydes non radioactifs sont présentés.

2. LASER ET TRANSPORT DE FAISCEAU

Les phénomènes d'interaction laser matière sont principalement gérés par deux paramètres : la longueur d'onde du laser et la durée de l'impulsion. Pour les matériaux métalliques, le coefficient d'absorption est d'autant plus fort que la longueur d'onde est élevée [1]. L'énergie laser sera donc absorbée sur une épaisseur plus faible et il sera donc plus facile d'atteindre la température de vaporisation dans ce volume plus faible. De même, la profondeur de la zone du matériau thermiquement affectée est proportionnelle à la racine carrée de la durée d'impulsion. Pour avoir un processus d'ablation efficace, il est donc préférable d'utiliser un laser UV de courte durée d'impulsion (nanosecondes).

Les surfaces à nettoyer pouvant être très grandes, il est nécessaire de pouvoir déplacer le faisceau. Nous avons choisi d'utiliser un dispositif à base de fibres optiques pour réaliser le transport du faisceau. Dans le domaine de l'ultraviolet, il est impossible de transporter de fortes puissances laser à 248nm et 193nm à cause des phénomènes d'absorption à deux photons dans la silice. Les études que nous avons menées à 308nm avec des fibres en silice UV dopée en ions OH mettent en évidence que l'absorption est due aux centres 'Non Bridging Oxygen Hole' (NBOHC) et qu'il s'agit d'un processus réversible. Lors de l'irradiation, on observe d'abord une chute de la transmission qui se stabilise après quelques centaines de tirs lasers. Cette valeur seuil de la transmission est d'autant plus faible que la fréquence laser et la densité d'énergie sont élevées. Pour une puissance moyenne laser donnée, il est préférable de travailler à forte fréquence à plus faible énergie [2]. En utilisant un faisceau de 98 fibres de 5 mètres de long, nous avons transporté un faisceau laser de 150W avec un rendement de 50% (300W en sortie du laser). Ce rendement comprend le dispositif de couplage entre le laser et le faisceau de fibres, et le système optique permettant de focaliser le faisceau sur la cible avec la répartition d'énergie souhaitée pour effectuée le traitement laser.

3. EXPANSION DU PLASMA ET RECUPERATION DES PARTICULES

Lors de l'absorption du rayonnement UV par la matière, il y a un échauffement du substrat et évaporation d'une fine couche de matériau en surface. L'éjection de ces particules perpendiculairement à la surface, avec des vitesses de l'ordre de 10^5 cm/s, crée un plasma qui s'expand dans l'air ambiant sur quelques millimètres. Pour récupérer ces particules éjectées et éviter qu'elles ne se redéposent, il est nécessaire d'utiliser une buse d'aspiration. Afin d'optimiser cette récupération, des études expérimentales et théoriques sur l'ablation laser et l'expansion du plasma ont été effectuées. Nous avons notamment développé un code simulant l'interaction laser-cible (thermique) et laser-plasma, et un code hydrodynamique modélisant l'expansion du plasma (Navier-Stokes) [3].

L'étude spectroscopique du plasma créé permet également de contrôler la qualité du nettoyage. En effet, lors de chaque tir un dispositif (fibre + spectromètre) détecte dans le plasma d'ablation la présence d'une émission de fluorescence caractéristique de la contamination que l'on souhaite enlever. La disparition de cette émission signifie que la surface est propre.

4. RESULTATS DE TRAITEMENT

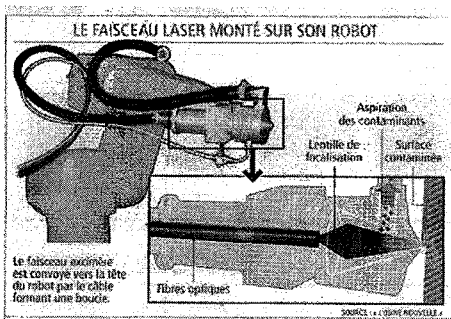


Figure 1 : tête de nettoyage

A partir des différentes études menées, un dispositif de décontamination par laser à excimères a été réalisé. Il est constitué par un laser CILAS (UV635) XeCl (308nm) d'une puissance moyenne de 1kW, un faisceau de 98 fibres optiques de 5 mètres de long, une tête de nettoyage comprenant un dispositif de mise en forme du faisceau et une buse d'aspiration, un système de pompage et de filtration et un robot de marque Staubli (RX130) permettant le déplacement de la tête de nettoyage sur la surface [4].

Des essais de nettoyage ont permis de valider le procédé et de déterminer les conditions d'irradiation permettant d'enlever diverses couches d'oxydes sur différents matériaux tout en respectant les propriétés physiques et chimiques de la surface à nettoyer. Ces analyses ont été réalisées par XPS et sonde de fluorescence X pour la composition chimique, et par microscope à balayage électronique et rugosimétrie pour les caractéristiques morphologiques de la surface. Pour certains oxydes déposés sur des métaux, il est cependant nécessaire d'utiliser des densités surfaciques d'énergie et des nombres de tirs suffisant pour créer des contraintes superficielles à la surface du matériau.

Ce procédé, qui utilise le principe de l'ablation laser UV, permet nettoyer, ou de préparer, des surfaces de grandes dimensions avec des vitesses pouvant atteindre plusieurs mètres carrés par heure. Il est principalement adapté à l'enlèvement de couches dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques microns, et il ne modifie pas les caractéristiques du matériau. Enfin, il s'agit d'un procédé propre qui ne génère pas de déchets secondaires.

5. REFERENCES

1. Dausinger F., Shen J. ISIJ International **33**, p. 925, 1993
2. Gouillon A.S. Thèse de doctorat de l'université de la Méditerranée, novembre 1998
3. Parisse J.D., Zeitoun D, Marine W., Sentis M., UVX2000, ce proceeding
4. Sentis M., Delaporte Ph., Marine W., Uteza O., Quantum Electronics, **30**, p.495-500, 2000