



NOTE DE RECHERCHE

JUILLET 2014 • N°7.

MESURE D'ADHÉSION PAR TRACTION DE PIONS POUR L'ÉTUDE DE COMPORTEMENT DE SURFACES D'ÉPINETTE NOIRE TRAITÉES AU PLASMA ATMOSPHÉRIQUE

L'amélioration de l'adhésion d'un revêtement sur une surface de bois sera toujours un sujet d'intérêt en recherche, notamment pour les bois d'extérieur tel que l'épinette noire. L'utilisation des traitements plasma froids atmosphérique peut être une excellente technique pour améliorer la compatibilité entre la chimie de surface du bois et celle du revêtement. Ces types de traitement, tel que ceux à N_2/O_2 en proportion 1:2, ou un traitement d'azote, permettent de changer l'énergie de surface libre du bois et potentiellement améliorer son adhésion avec le revêtement. Malheureusement, les techniques usuelles de mesure d'adhésion par traction de pions ne semblent pas démontrer de changement d'adhésion entre une surface non traitée et traitée. Le but de ce projet est donc de démontrer que ce type de mesure est inadéquat pour des systèmes utilisant un substrat et un revêtement identique où un traitement de surface est appliqué sur le substrat avant l'application du revêtement. Pour ce faire, une mesure de l'adhésion du bois sur lui-même servira à démontrer que le bois, dans le cas de l'épinette noire, a tendance à céder avant l'interface revêtement-bois due à sa faible résistance mécanique en surface.

INTRODUCTION

• L'utilisation des traitements plasma froids pour la modification de surface est bien connue pour les matériaux plastiques synthétiques, mais elle est toujours à ses débuts dans le cas des matériaux celluloseux comme le bois. Ultérieurement, il avait été démontré qu'un traitement plasma N_2/O_2 (1:2) améliorerait de 36% l'adhésion sur l'épinette noire d'un revêtement polyacrylate polyuréthane aqueux à cuisson UV, malgré le caractère très hydrophobe de la nouvelle surface¹. De plus, la nouvelle énergie de surface n'est pas stable avec le temps, ce qui pourrait engendrer des changements du pouvoir d'adhésion. Suite à ceci, certaines entreprises ont tenté de reproduire ces résultats, mais en vain. L'utilisation de mesure d'adhésion par traction de pions et de l'adhésion du bois sur lui-même serviront à vérifier si ce type de mesure permet de déterminer le changement d'adhésion d'un vernis polyacrylate/polyuréthane (PU/PA) aqueux à cuisson UV sur de l'épinette noire traitée au plasma atmosphérique de N_2/O_2 (1:2) et d'azote. Des mesures d'angle de contact ont servi à démontrer que les traitements changent l'énergie de surface et que celle-ci n'est pas stable dans le temps.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

• Un traitement plasma froid à base d'un mélange d'azote et d'oxygène (N_2/O_2) en proportion 1:2 ainsi qu'un de plasma d'azote (N_2) ont été appliqués à des échantillons d'épinette noire. Les deux plasmas sont générés à des fréquences de 9 kHz et à un voltage de 20 kV. Moins d'un millimètre sépare les échantillons de la source plasma et chacun d'entre eux fut exposé 6 fois au plasma à l'aide d'un convoyeur allant à une vitesse de 1,5 m/s. Chaque échantillon a été préalablement poncé manuellement avec un papier abrasif à grain 180 afin de retirer la couche superficielle faible. Les

échantillons témoins ne sont pas traités, mais seulement poncé.

• Suite au traitement, le revêtement PU/PA aqueux, fourni par FPIinnovations, est appliqué sur les échantillons par pulvérisation au pistolet à peinture. Un total de trois couches a été appliqué pour une épaisseur finale d'environ 30 μm . Après chaque déposition, le vernis est séché pendant 10 minutes dans une étuve à 60°C puis il est cuit dans un four UV de 53 J/m. Entre chaque couche, la surface du revêtement est légèrement poncée au papier abrasif à grain 400 afin d'éliminer toute trace d'impuretés et de défauts.

• L'adhésion du revêtement est mesurée par des tests d'arrachement de pion d'aluminium de 20 mm selon les indications proposé par la méthode ASTM D4541-02 avec quelques modifications². Les pions furent arrachés des surfaces (4 cm x 4 cm x 1 cm) en utilisant un appareil de traction automatique de 5 kN selon une vitesse de traction de 2 mm/min. Un total de 30 mesures est effectué pour chaque traitement.

• L'adhésion du bois sur lui-même est effectué sur 30 goujons rectangulaires de 24 mm x 24 mm x 60 mm de façon à ce que la section qui sera arrachée corresponde à la face tangentielle, tel qu'illustré à la Figure 1. Chaque bloc est usiné à son milieu pour accueillir une fente circulaire en forme de V dont le diamètre est précisément de 20 mm. Les mesures d'adhésion sont prises selon les mêmes paramètres que pour les pions.

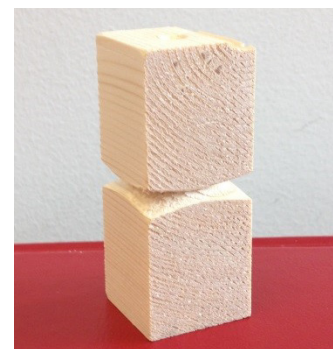


Figure 1: Goujon d'épinette noire

Les mesures d'adhésion sont prises selon les mêmes paramètres que pour les pions.

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

• Des mesures d'angle de contact statique ont servi à démontrer que le traitement plasma N_2/O_2 (1:2) a rendu la surface hydrophobe ($98,62^\circ$) et non hygroscopique. Après 30 jours suivants le traitement, l'angle de contact retourne à des valeurs normales et la surface est à nouveau hygroscopique. Dans le cas du traitement plasma N_2 , la surface devient également hydrophobe ($92,06^\circ$), mais elle est toujours hygroscopique. Par contre, la surface continue à devenir de moins en moins hygroscopique en fonction du temps de conditionnement après le traitement.

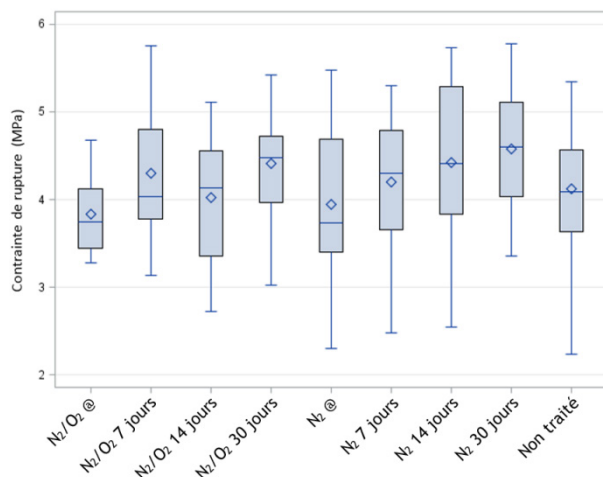


Figure 2: Analyse Duncan des mesures de traction de pions

• Suite aux analyses statistiques Duncan de la Figure 2, aucune différenciation ne peut être faite au sujet de l'adhésion du revêtement avec ou sans traitement au plasma. Il y a trop de variation dans les données pour bien différencier chaque traitement. Bien que l'énergie de surface change après le traitement, la technique de traction de pion est insuffisante pour évaluer l'adhésion physique et chimique, puisqu'ils ont tous les mêmes contraintes de rupture. Malgré tout, il est possible d'observer une légère tendance vers une amélioration de l'adhésion après les deux traitements plasma.



Figure 3: Découpe microtome transversale illustrant la pénétration du revêtement.



Figure 4: Dessous des pions après les tests de traction pour le traitement à l'azote

• Une fois la mesure effectuée pour le test de traction, il était souvent nécessaire de fournir une force supplémentaire pour arracher le pion de l'échantillon, ce qui engendrait deux phénomènes fréquemment observés : i) le pion soulevait une lamelle de bois avant de céder ou ii) lors du retrait du pion, celui-ci pouvait emporter avec lui de gros morceaux de bois, tel qu'illustré à la Figure 3.

• Il est logique de croire que l'adhésion du revêtement-bois ne peut excéder celle du bois sur lui-même. Après les mesures de traction des goujons sur eux-mêmes, une valeur de $1,9 \pm 0,8$ MPa a été observée. Sans la présence de revêtement, le bois est plus faible et cède plus rapidement. Ceci est probablement causé par la formation d'une sorte de matériaux composites (bois-revêtement) dus à la pénétration du revêtement dans la première couche de surface (Figure 4). À la lumière de ceci, il est fortement plausible que le bois puisse céder avant le revêtement. Cela ne prouve pas que l'adhésion n'ait pas changé, mais cela ne valide pas le contraire.

III. CONCLUSIONS

• Les résultats illustrent que l'adhésion du bois sur lui-même est plus faible que l'adhésion du revêtement polyacrylate/polyuréthane au bois.

• Il n'est pas possible d'affirmer que les traitements plasma n'engendrent pas d'amélioration de l'adhésion puisque la technique de traction de pions ne fait pas abstraction de l'adhésion mécanique.

• D'autres techniques sont à envisager tel que des mesures d'adhésion par microscopie de force atomique ou par microscopie de force chimique qui peut donner de plus amples informations sur l'adhésion spécifique physique et chimique.

¹ Busnel F.; Blanchard V.; Prigent J.; Stafford L.; Riedl B.; Blanchet P.; Sarkissian A., Modification of sugar maple and black spruce wood surfaces in a dielectric barrier discharge (DBD) at atmospheric pressure, J. of Adhesion Sci. and Tech., 24, 2010, 1401-1413

² American Society of Testing and Materials, ASTM D4541-09e1, Standard test Method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers, 2013

Auteurs: Jean-Michel Hardy M.Sc., Bernard Riedl Ph.D.

Pour plus d'informations: Bernard Riedl, professeur titulaire
Bernard.Riedl@sbf.ulaval.ca ; (418) 656-2437

Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, Pavillon Gene-H.-Kruger,
2425 rue de la Terrasse, Université Laval, Québec, QC, Canada G1V 0A6
<http://www.materiauxrenouvelables.ca>