

Comportement tribologique et tribo-chimique des revêtements chitosane sur le substrat de titane

¹F.Z.Bougueraa, ¹S.Ettaqi

¹Laboratoire des Matériaux, Métallurgie et génie des procédés, ENSAM, Meknes, MOROCCO

f.z.bougueraa@gmail.com

Résumé :

Le revêtement bioactif consiste à appliquer sur le titane des couches de polymère de chitosane à température ambiante. Les revêtements élaborés, présentent un aspect superficiel uniforme. Sous les charges de (2N, 3N, 5N et 10N), ils montrent une grande résistance aux rayures et indentation. Le comportement tribo-chimique de revêtements de chitosane est évalué dans des milieux chimiques à différentes valeurs de pH. Les revêtements bénéficient d'une excellente adhérence de la couche sur la surface par immersion dans solution pH=7. Ces revêtements sont potentiellement utiles comme matériaux de revêtement bioactif sur des implants médicaux à base de titane.

Mots clés : Revêtement, Chitosane, Tribologie, Titane, Tribo-chimique

1. Introduction

Le titane pur et ces alliages sont utilisés comme un matériau dans l'implantologie, ces biomatériaux sont intéressants en raison de leur faible module d'élasticité (plus proche de celle de l'os), une faible conductivité thermique, résistance à la corrosion et bonne biocompatibilité [1-2].

L'un des problèmes de l'implantation par des substrats métalliques en titane rencontré est le développement des infections conduisant à une inflammation autour des implants. Il est bien connu que, ces infections augmentent le risque d'échec de l'implant pas seulement aux premiers stades de l'implantation, mais également après ostéointégration [3].

À ce fait, les surfaces d'implants devraient fournir des solutions efficaces contre des infections bactériennes. La modification de la surface d'un implant avec un revêtement bioactif qui encourage la fixation des cellules osseuses et la aider à stabiliser l'implant [4]. Plusieurs matériaux sont étudiés en tant que revêtements bioactifs comprennent hydroxyapatite et de phosphate de calcium [2], verre bioactif [5], et des protéines [6]. Ces matériaux cités précédemment sont durs et cassants, ce qui peut conduire à la fissuration, fracturation, et la perte de revêtement en raison des contraintes appliquées sur le revêtement lors de l'implantation [7]. Il existe aussi des polymères bioactifs, qui peut être en mesure de surmonter la nature fragile des céramiques bioactives. Le chitosane l'un des polymères bioactifs s'est montré prometteur comme matériau implantable [8]

Le but de ce travail est d'étudier les revêtements réalisés par simple coulée de solution de chitosane sur une surface métallique pour former un revêtement physiquement absorbé. l'adhérence des couches polymères de chitosane sur le substrat métallique titane évalué par le test tribo-chimique et tribologie

2. Matériels et Méthodes

2.1 Matériaux et réactifs

Dans ce travail, le titane pur (Ti) est choisi comme substrat, et le chitosane (CS) avec un poids moléculaire moyen (degré d'acétylation ~ 80%) comme matériau pour les revêtements. La solution aqueuse de chitosane préparé par dissolution de 1 g de CS dans 100 ml de solution d'acide acétique (1% p / v).

2.2 Procédé de dépôt des revêtements

Sur des substrats sous forme de disque ($\varnothing= 2,3 \text{ mm}$ x $ep=0,3 \text{ mm}$), des revêtements de chitosane sont déposés couche par couche sur la surface de Ti. La quantité de chitosane est répartie de manière homogène sur les surfaces des substrats prétraités et séchée à température pendant 24 h.

2.3 Rugosité de surface

Les revêtements de chitosane sont formés comme décrit précédemment dans le (paragraphe 2.2) la rugosité de surface a été mesurée par le rugosimètre RM600 .

2.4 Test tribologique

ce test réalise par les essais test micro-rayure et test micro-indentation a pour l'objectif d'analyser l'adhérence du substrat (Titane) avec le polymère (Chitosane) .

Pour le test micro-rayures réalisé à l'aide de pénétrateur se déplace latéralement sur les surfaces revêtues avec une vitesse $60\mu\text{m/s}$. Les forces appliquées varient entre 2N et 10N.

Essais d'indentation réalisée par microdureté Vickers classiques sous les charges 2N, 3N, 5N et 10N, afin de mesurer les profondeurs des empreintes.

2.5 Test tribo-chimique

L'essai de tribo-chimique qui fusionne l'interaction chimique des molécules du milieu et en même temps l'action mécanique par des frottements de liquide exerce sur la surface de substrats revêtus. Les propriétés d'adhérence des revêtements ont été évalués en utilisant un appareil rotatif avec une vitesse 60tr/min en contact avec liquide durant 1 h.

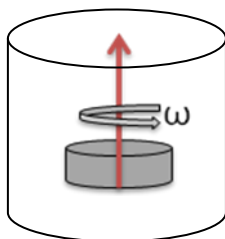


Fig.1.principe de méthodologie de test tribo-chimique

3. Résultats et discussion

Les mesures de rugosité ont été faites sur l'axe X selon quatre trajectoires. Les résultats sont présentés dans le tab.1. Il n'y avait pas de différence entre les quatre mesures. L'absence de variation significative entre les quatre traverses indique que les revêtements de chitosane ont été relativement homogènes dans toute la couche de surface du revêtement. Les valeurs moyennes de rugosité de surface de ces revêtements de l'ordre $0,22\mu\text{m}$.

Trajectoire	Rugosité (μm)
1	0,21
2	0,22
3	0,23
4	0,21

Tab.1.Les valeurs de rugosité de revêtement

Les micrographies optiques des rayures présentées dans la Fig.2 aucun endommagement important n'a été détecté. Les résultats dans la Fig.4 ont montré que le revêtement de chitosane était encore lié au substrat de titane avec l'augmentation de la force appliquée qui n'a pas induit l'élimination des revêtements dans l'échantillon.

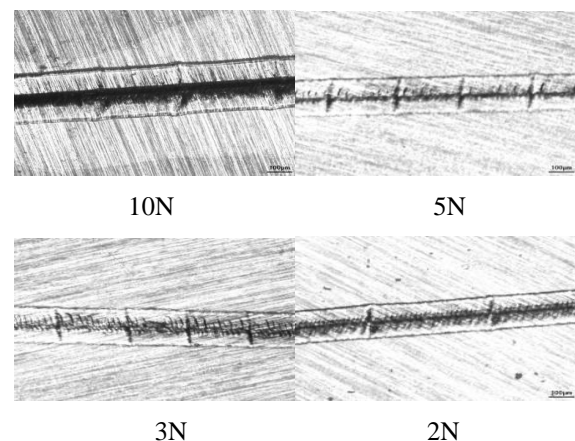


Fig. 2.les micrographies optiques des rayures observées sur les surfaces revêtues de chitosane

Selon les valeurs d'épaisseurs de revêtement valent $58\mu\text{m}$ et les valeurs de profondeur des empreintes dans fig.3 montrent que la pointe n'a pas dépassé l'épaisseur des revêtements. En effet, les implants dentaires peuvent être soumis par la force exercée par l'os.

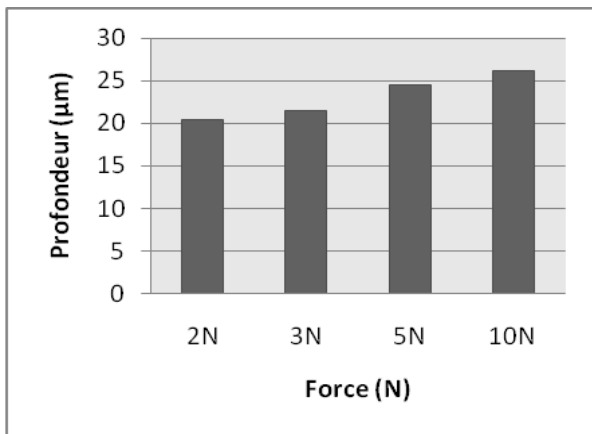


Fig.3. Evolution de profondeur d’empreinte en fonction de la force appliquée

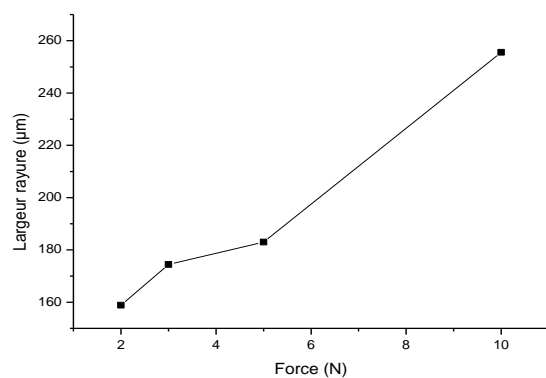


Fig. 4. Evolution de largeur de rayure en fonction de la force appliquée

Les résultats sont présentés dans la Fig. 5, nous avons constaté que les milieux d’interactions influencent sur l’adhérence des revêtements. Le milieu le plus agressif est le milieu acide puisqu’on a un arrachement total de la couche. Le moins est le milieu basique du fait que la couche n’a perdu que 40% de sa masse initiale après 1heure d’interaction. En effet, le milieu le plus favorable et le moins agressif est le milieu neutre car la couche n’a paumé que 26% de sa masse totale après la durée totale d’interaction (1h).

les revêtements de chitosane étaient plus résistés dans le milieu neutre proche de pH de plasma de nos corps sans effet sur la morphologie .

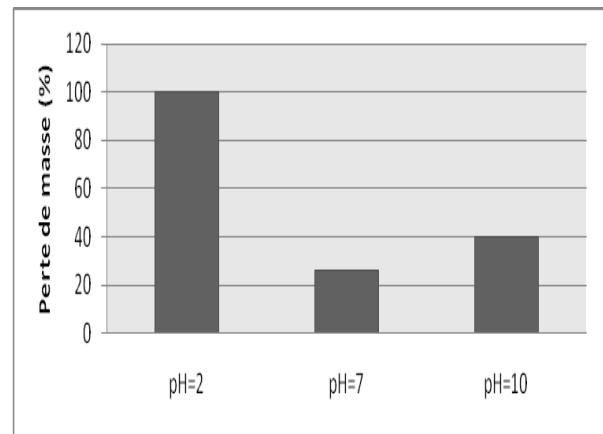


Fig. 5. Evolution de perte de masse en fonction pH de milieu

4. Conclusion

Dans cette étude, le processus par coulé a été utilisé pour faire un revêtement sur le titane ce qui entraîne une morphologie homogène et stable. Les tests de tribochimique et tribologie ont montré la capacité d’adhérence de ces revêtements sur le substrat de titane. le revêtement de chitosane a un potentiel d’être utilisé comme matériaux de revêtement bioactif pour des applications en ingénierie des tissus durs de corps.

Références

- [1] C. Martini, L. Ceschini, F. Tarterini, J.M. Paillard, J.A. Curran, PEO layers obtained from mixed aluminate–phosphate baths on Ti–6Al–4V: dry sliding behaviour and influence of a PTFE topcoat, *Wear* 269 (2010) 747–756.
- [2] H. Maleki-Ghaleh, K. Hajizadeh, A. Hadjizadeh, M.S. Shakeri, S. Ghobadi Alamdari, S. Masoudfar, et al., Electrochemical and cellular behavior of ultrafine-grained titanium in vitro, *Mater. Sci. Eng. C* 39 (2014) 299–304.
- [3] M. Esposito, J.M. Hirsch, U. Lekholm, P. Thomsen, Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants, (I). Success criteria and epidemiology, *Eur. J. Oral Sci.* 106 (1998) 527–551
- [4] H.J. Rønold, S.P. Lyngstadaas, J.E. Ellingsen, Analysing the optimal value for titanium implant roughness in bone attachment using a tensile test, *Biomaterials* 24 (2003) 4559–4564.
- [5] J. Schrooten, J.A. Helsen, *Biomaterials* 21 (2000) 1461.
- [6] A. Nanci, J.D. Wuest, L. Peru, P. Brunet, V. Sharma, S. Zalzal, M.D. McKee, *J. Biomed. Mater. Res.* 40 (1998) 324.
- [7] F. Chen, Z.C. Wang, C.J. Lin, *Mater. Lett.* 57 (2002) 848.
- [8] J.D. Bumgardner, B.M. Chesnutt, Y. Yuan, Y. Yang, M. Appleford, S. Oh, R. McLaughlin, S.H. Elder, *J. Ong, Implant Dent.* 16 (2007) 66.