

EFEITO DOS PARÂMETROS DE MARCAÇÃO A LASER NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO ISO 5832-1

Pieretti, E. F. ^{1*}, Leivas, T. P. ², Raele, M. P. ³, Rossi, W. ³, Martins, M. D.¹

¹Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais (IPEN/CNEN-CCTM), Av. Prof. Lineu Prestes 2242, São Paulo – SP, 05508-000, Brasil

²Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IOT/HC-FMUSP), São Paulo, Brasil

³Centro de Laser e Aplicações (IPEN/CNEN-CLA), São Paulo, Brasil

* efpieretti@usp.br

Resumo

A investigação da resistência à corrosão dos biomateriais e dos efeitos dos processos de fabricação, incluindo a marcação para fins de rastreabilidade, é extremamente importante para avaliar se a modificação causada na superfície compromete as propriedades do biomaterial. O processo de gravação por feixe de raios laser vem sendo utilizado para assegurar a identificação e rastreabilidade dos implantes ortopédicos. Este trabalho avalia a influência dos parâmetros da marcação a laser, especificamente a energia de pulso e a velocidade de marcação, na resistência à corrosão do aço inoxidável austenítico ISO 5832-1, após marcação com feixe laser de Nd: YAG chaveado; por métodos eletroquímicos. O eletrólito utilizado foi uma solução tamponada de fosfato, de pH 7,4, à temperatura de 37 °C. Os resultados mostraram que a modificação nos parâmetros de marcação a laser altera as propriedades protetoras do filme passivo, influenciando na susceptibilidade à corrosão deste biomaterial.

Palavras-chave: biomateriais, aço inoxidável, marcações a laser.

INTRODUÇÃO

O estudo dos fenômenos de superfície em biomateriais é importante na avaliação e garantia do sistema de adesão entre o biomaterial e o tecido adjacente (1).

Para preservar a integridade do dispositivo, assim como os tecidos e órgãos adjacentes, assegurando uma melhor qualidade de vida para os pacientes, é necessário que as propriedades mecânicas não mudem ao longo de sua vida útil, ou, pelo menos, permaneçam estáveis durante um período prolongado de utilização (2).

Implantes ortopédicos são projetados e construídos de forma que, quando utilizados nas condições e para os fins destinados, não comprometam o estado clínico e a segurança dos pacientes. Os implantes podem ser divididos em duas categorias: dispositivos para a fixação temporária ou permanente. A finalidade dos dispositivos de fixação temporária é a estabilização do osso para a sua cura natural; já os demais dispositivos de fixação ficam permanentemente implantados no local do osso fraturado, substituindo-o (3).

Para facilitar os testes de seleção de um material adequado para implantação, é necessário considerar a natureza do contato biomaterial com a região do corpo onde é utilizado e a duração do contato (4). A última etapa do processo de fabricação de implantes é o tratamento de superfície, que pode incluir o endurecimento, o polimento, jateamento, marcação e passivação.

De acordo com Pourbaix et al. (5), tanto o tratamento de superfície e o processo de marcação podem influenciar a resposta local do osso, a cicatrização óssea, e a resistência à fadiga dos implantes. Esta resposta óssea local de implantes metálicos é afetada pela corrosão, por sua vez, pode ser afetada pela presença de partículas estranhas e pelo acabamento superficial.

As marcações por meio de técnicas de laser têm sido amplamente utilizadas para biomateriais metálicos, pois oferecem vantagens em relação aos outros métodos, por permitir um alto grau de automação, excelente reprodutibilidade, alta durabilidade, não gerar desgaste nas ferramentas e possibilitar a gravação de símbolos com geometrias complexas, mesmo em superfícies irregulares (6-11).

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito dos parâmetros de marcação a laser na resistência à corrosão deste biomaterial.

METODOLOGIA

Amostras do aço inoxidável austenítico ISO 5832-1 foram preparadas em forma de chapas laminadas de dimensões: 17 mm x 72 mm x 1,5 mm e de composição química (% em massa): 0.38 Si, 2.09 Mn, 0.026 P, 2.59 Mo, 18.32 Cr, 14.33 Ni, 0.023 C, 0.0003 S, e Fe (balanço) e foram submetidas à técnica de gravação com laser de Nd: YAG chaveado, de nanosegundos, usando energias de pulso de 0,05 J e 0,35 J e taxa de repetição de 20 Hz, com velocidade de 4 mm/s e 8 mm/s. Para efeito de comparação, também foram analisadas amostras sem tratamento a laser.

Para avaliar o acabamento superficial foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (MEV) de baixo vácuo com filamento de tungstênio e aproximação máxima de 100.000 vezes, marca: Hitachi, modelo: TM3000.

Os ensaios realizados consistiram no monitoramento do potencial de corrosão em circuito aberto (PCA) e espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), em solução tamponada de fosfato (PBS), de pH 7,4, que simula a composição dos fluidos corpóreos, com composição química: NaCl 8.0 g/L, KCl 0.2 g/L, Na₂HPO₄ 1.15 g/L, KH₂PO₄ 0.2 g/L, à 37 °C.

Todos os ensaios eletroquímicos foram realizados em um equipamento Gamry PCI4/300 utilizando células de três eletrodos, consistindo em um eletrodo de trabalho, um contra-eletrodo (fio de Pt com área igual a 2,0 cm²) e um eletrodo de referência de Ag/AgCl (3M), monitorando-se inicialmente o PCA por dezessete horas e, em seguida, realizando-se os ensaios de EIE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acabamento superficial das amostras é fortemente influenciado pela variação das intensidades de pulso e velocidade do feixe laser. As imagens a seguir apresentam este efeito. Nas imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) apresentadas na Figura 1, nota-se o efeito da alteração dos parâmetros dos pulsos do feixe de raios laser na topografia das amostras, tais como diferenças de altura e

profundidade em relação às áreas adjacentes, picos, e respingos resultantes da fusão da superfície do biomaterial.

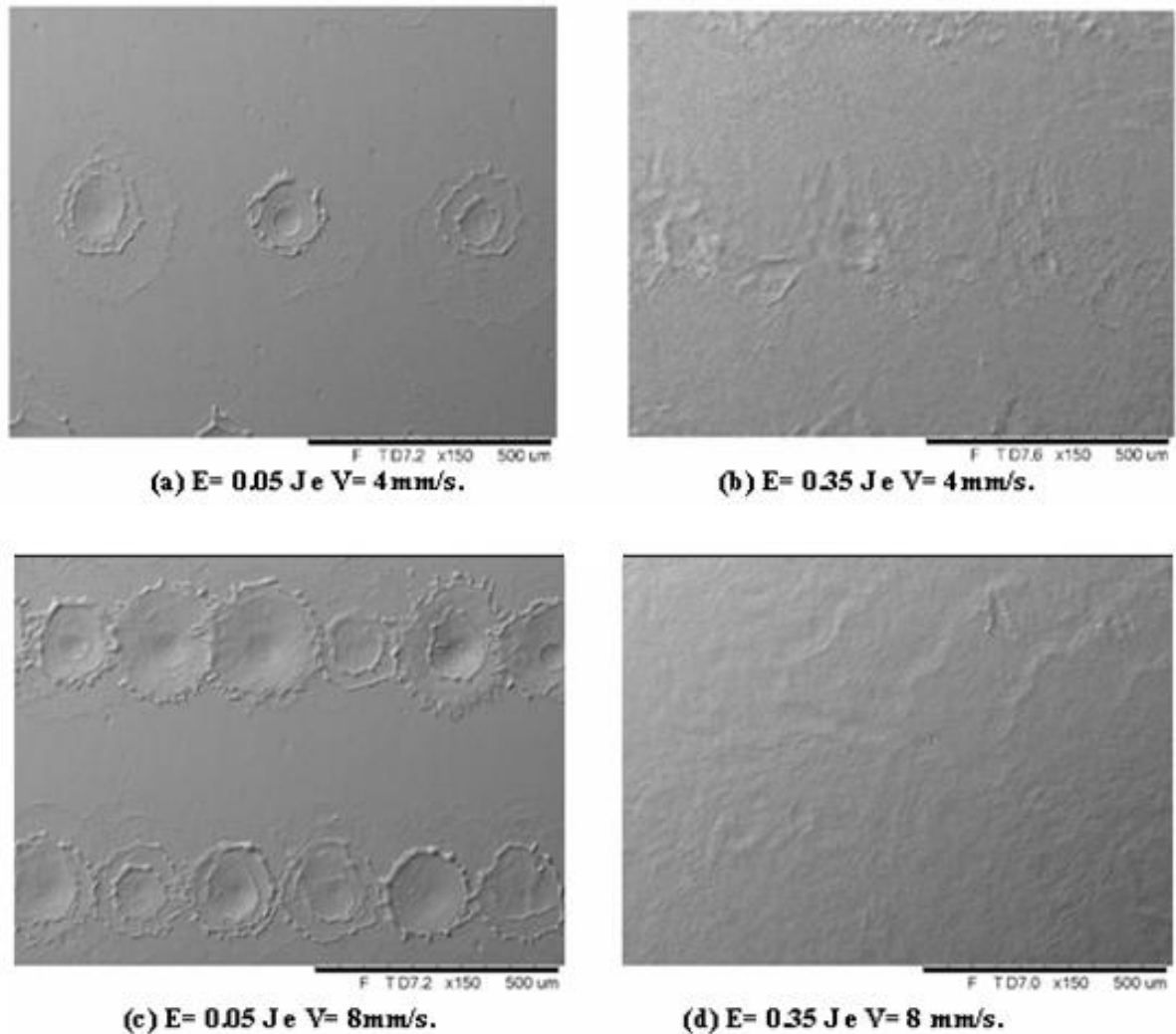


Figura 1- Efeito da alteração dos parâmetros dos pulsos do feixe de raios laser na topografia do aço inoxidável austenítico ISO 5832-1, obtido por MEV.

A Figura 2 apresenta o potencial de corrosão em circuito aberto (PCA), monitorado durante 17h, em solução de PBS. Os diferentes comportamentos das curvas indicam que o PCA é diretamente influenciado pelo parâmetro de laser utilizado.

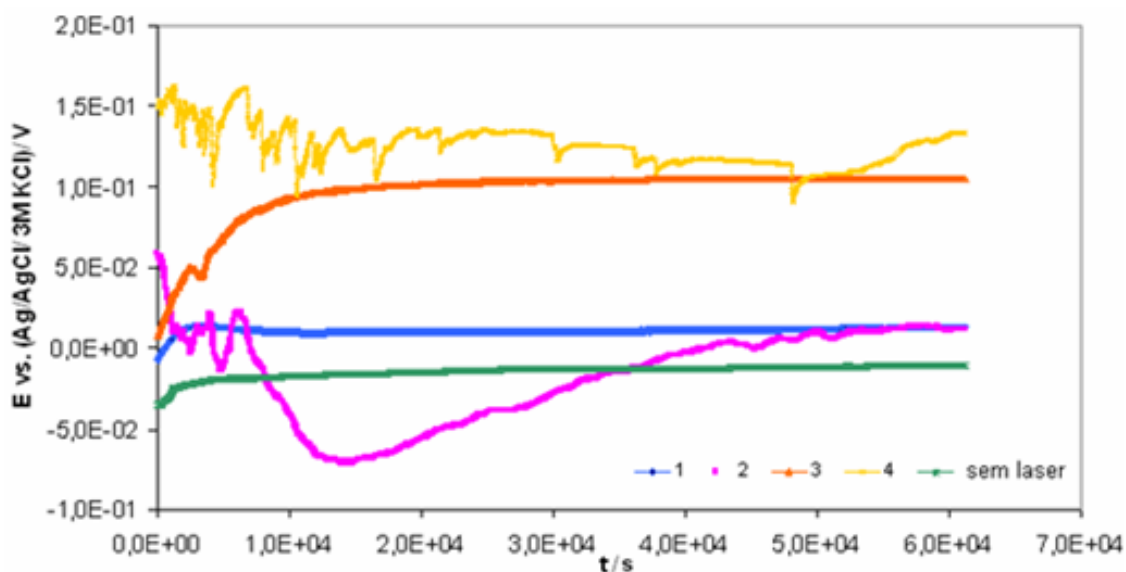


Figura 2 – Potencial de corrosão em circuito aberto para o aço inoxidável austenítico ISO 5832-1 em função do tempo de imersão.

Nota-se que as amostras tratadas a laser com os parâmetros designados por 2 e 4 apresentam queda no potencial de corrosão já nas primeiras horas de imersão. As amostras tratadas com os parâmetros 1 e 3, bem como as amostras do aço sem laser têm um ligeiro aumento do potencial, que tende a se estabilizar em torno de $1,5 \times 10^4$ s.

A Figura 3 apresenta o diagrama de impedância de Nyquist para as condições estudadas. Todas as amostras mostram um comportamento capacitivo, sendo as maiores impedâncias obtidas para as amostras sem tratamento a laser, seguidas das amostras submetidas aos parâmetros 3 e 1.

Em pesquisas anteriores (12) avaliou-se o efeito da marcação a laser na susceptibilidade à corrosão do aço inoxidável austenítico ASTM F139. Os ensaios realizados consistiram no monitoramento do potencial de corrosão em circuito aberto (PCA), espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e polarização potenciodinâmica cíclica. Os ensaios foram feitos em solução salina de fosfato tamponada (PBS), de pH 7,4, à 37°C.

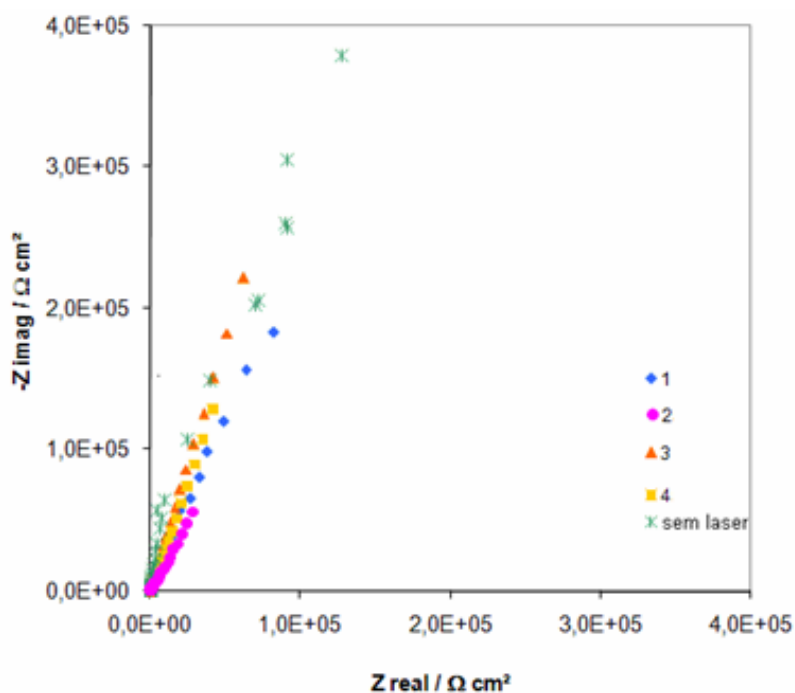


Figura 3 - Diagrama de Nyquist para todas as condições avaliadas, após PCA.

Para as amostras marcadas a laser foram observadas oscilações de potencial desde o início do ensaio, indicativas de tendência à quebra localizada do filme passivo, seguidas por recuperação de potencial, sugerindo recuperação do filme na região atacada.

Evidenciou-se que a técnica de marcação a laser apresenta efeito deletério na resistência à corrosão localizada, pois gera sulcos na superfície, causa o arrancamento de grãos e altera a sua rugosidade (12, 13).

CONCLUSÕES

O acabamento superficial é um aspecto de fundamental importância para os implantes ortopédicos. Este trabalho avaliou o efeito da alteração da intensidade de pulso e velocidade do feixe de raios laser na susceptibilidade à corrosão de amostras do aço inoxidável austenítico ISO 5832-1, utilizado como biomaterial. Os resultados indicaram que este parâmetro modifica a rugosidade e a topografia deste biomaterial, influenciando diretamente na resistência à corrosão.

O parâmetro de marcação a laser que mais afeta o comportamento frente à corrosão é a energia do pulso, pois para as maiores energias usadas houve um decréscimo na resistência à corrosão.

REFERÊNCIAS

- [1] Y. Okasaki, *Biomaterials*, 23 (2002) 2071.
- [2] D. F. Williams, *Mater. Sci.*, 6 (1976) 237.
- [3] L. L. Hench, *Mater. Sci.*, 5 (1975) 279.
- [4] J. M. Anderson, *Mater. Res.*, 31 (2001) 81.
- [5] M. Pourbaix, *Cor. Sci.*, 3 (1963) 239.
- [6] J. Qi, K. L. Wang, Y. M. Zhu, *J. Mater. Proc. Tec.*, 139 (2003) 273.
- [7] P. Bizi-Bandoki, S. Benayoun, S. Valette, B. Beaugiraud, E. Audouard, *Appl. Surf. Sci.*, 257 (2011) 5213.
- [8] S. Valette, P. Steyer, L. Richard, B. Forest, C. Donnet, E. Audouard, *Appl. Surf. Sci.*, 252 (2006) 4696.
- [9] C. Soriano, J. Leunda, J. Lambarri, V. García-Navas, C. Sanz, *Appl. Surf. Sci.*, 257 (2011) 7101.
- [10] J. Diaci, D. Bračun, A. Gorkič, J. Možina, *Optics and Lasers in Eng.*, 49 (2011) 195.
- [11] C. Leone, S. Genna, G. Caprino, I. De Iorio, *J. Mater. Proc. Tec.*, 210 (2010) 1293.
- [12] E. F. Pieretti, I. Costa, *Electrochim. Acta*, 114 (2013) 838.
- [13] E. F. Pieretti, S. M. Manhobosco, L. F. P. Dick, S. Hinder, I. Costa, *Electrochim. Acta*, 124 (2014) 150.

Effect of Laser Parameters on the Corrosion Resistance of the ISO 5832-1 Stainless Steel

Abstract

The investigation on the corrosion resistance of biomaterials and the effects of manufacturing processes, including marking for traceability, is extremely important to evaluate whether the surface modification caused by marking affects the properties of the biomaterial. The engraving process by laser beam has been used to ensure the identification and traceability of orthopedic implants. This study evaluates the influence of the laser marking parameters, specifically the pulse energy and engraving rate, on the corrosion resistance of the ISO 5832-1 austenitic stainless steel, after engraving with a Nd: YAG laser beam by means of electrochemical methods. The electrolyte used was a phosphate buffered solution, with pH 7.4, and 37 °C. The results showed that the laser marking parameters affect the protective properties of the passive film and influence the susceptibility to corrosion of this biomaterial.

Key-words: biomaterials, stainless steel, laser marks.