

Módulo de elasticidade dinâmico de ligas Ti-13Nb-13Zr medido por espectroscopia mecânica

Terlize Cristina Niemeyer, UNESP, Grupo de Relaxações Anelásticas, Bauru (SP), e-mail: niemeyer@fc.unesp.br, home-page: <http://www.fc.unesp.br/relaxacoes>

Carlos Roberto Grandini, UNESP, Grupo de Relaxações Anelásticas, Bauru (SP), e-mail: grandini@fc.unesp.br, home-page: <http://www.fc.unesp.br/relaxacoes>

Odila Florêncio, UFSCar, Departamento de Física, São Carlos (SP), e-mail: odila@power.ufscar.br

Sandra Giacomini Schneider, USP-EEL, Departamento de Materiais, Lorena (SP), e-mail: sandra@demar.faqenquil.br

Introdução

Ligas de titânio são materiais de implante favoráveis para aplicações ortopédicas, devido às suas propriedades desejáveis, como boa resistência à corrosão, baixo módulo de elasticidade e excelente biocompatibilidade [Niinomi, 1998].

A liga Ti-6Al-4V é a liga de titânio mais usada como biomaterial, no entanto, estudos mostram que vanádio e alumínio causam efeitos citotóxicos no organismo. Além disso, esta liga possui um módulo de elasticidade alto (cerca de 120 GPa) quando comparado ao do osso (cerca de 28 GPa) [Song, 1999].

O módulo de elasticidade de ligas de titânio é uma propriedade importante para aplicações em implantes, uma vez que a insuficiente absorção de impactos pode levar ao desgaste do osso e eventual perda da prótese [Geetha, 2004].

A liga Ti-13Nb-13Zr (TNZ) foi desenvolvida por Davidson & Kovacs [Davidson, 1992] e na condição envelhecida possui um módulo de elasticidade em torno de 65 GPa [Wang, 1996].

A presença de elementos intersticiais (tais como oxigênio, carbono, nitrogênio e hidrogênio) altera de forma significativa as propriedades mecânicas da liga, principalmente suas propriedades elásticas, causando endurecimento ou fragilização da liga [Nowick, 1972].

Este trabalho tem como objetivo estudar o módulo de elasticidade dinâmico em amostras da liga através de medidas de espectroscopia mecânica.

Parte experimental

Foram utilizadas amostras policristalinas da liga Ti-13Nb-13Zr (% em peso), fornecidas pela EEL-USP.

As amostras foram dopadas introduzindo pressões parciais de $1,3 \times 10^{-3}$ Pa e $1,3 \times 10^{-2}$ Pa de oxigênio.

As medidas de espectroscopia mecânica foram realizadas em um pêndulo de torção, no intervalo de temperatura entre 90 e 700 K, com frequência variando entre 3,0 e 21,0 Hz, taxa de aquecimento de aproximadamente 1 K/min, em um vácuo em torno de 10^{-3} Pa.

Existem diversas técnicas para se obter o módulo de elasticidade de materiais e dentre elas, a mais usada é a do Pulso-eco Ultra-sônico. Nesta técnica, a atenuação de ondas ultra-sônicas é medida na amostra e o módulo de elasticidade é obtido através da velocidade do som no material, por meio da superposição de dois pulsos sonoros [Nowick, 1972]. Porém, uma desvantagem desta técnica é que com ela se obtém apenas o módulo de elasticidade a uma única temperatura.

A técnica do Pêndulo de Torção também permite a obtenção do módulo de elasticidade de materiais com uma vantagem, através dela podemos obter o módulo de elasticidade dinâmico [Nowick, 1972; ISO 6721-2, 1994].

Com esta técnica, pode-se medir o amortecimento das vibrações livres do sistema, relacionado com a dissipação da energia elástica e a frequência de oscilação do sistema, f , relacionada com o módulo de elasticidade, E , por [ISO 6721-2, 1994; Pintão, 2006]:

$$E = \frac{32}{3} \pi^2 \Lambda f^2 \quad (1)$$

Para uma amostra de seção circular:

$$\Lambda = \frac{32L}{\pi d^4} \quad (2)$$

Onde L é o comprimento e d o diâmetro da amostra.

O momento de Inércia, I, do sistema foi obtido experimentalmente, através de um método proposto por Pintão e colaboradores [Pintão, 2001].

Uma vez que a liga TNZ é utilizada em implantes ortopédicos, deve-se analisar as reações biológicas das amostras quando em contato com tecidos humanos. O objetivo dos ensaios de biocompatibilidade *in vitro* é simular tais reações entre as amostras metálicas e culturas de células.

Neste trabalho foram realizados os testes de citotoxicidade para se verificar a biocompatibilidade das amostras após as dopagens com oxigênio.

As amostras foram cortadas em discos com uma espessura de 1 mm e os ensaios de biocompatibilidade foram realizados no Laboratório de Biologia Celular do Instituto de Biologia da UNICAMP.

No ensaio de citotoxicidade indireta foi utilizado como controle positivo de toxicidade uma solução de fenol 10%, e, como controle negativo, a própria placa de cultura (polipropileno) [Donato, 2005].

Pode-se observar na Figura 1 o resultado dos ensaios de citotoxicidade indireta onde se conclui que as amostras não apresentam efeitos citotóxicos, mesmo após as dopagens.

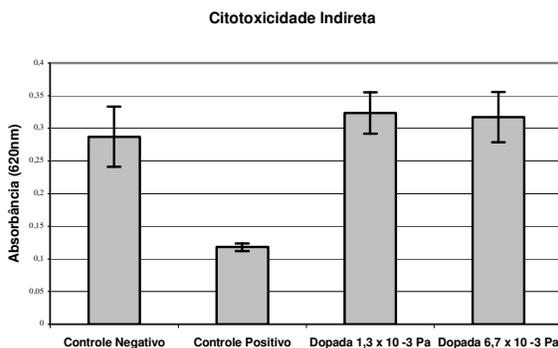


Figura 1: Teste de citotoxicidade indireta para amostras liga TNZ com diferentes dopagens.

Resultados

Na figura 2 observa-se o gráfico de módulo de elasticidade como função da temperatura para as amostras TNZ nas condições como recebida, tratada termicamente e após duas dopagens com oxigênio, medidas com frequência em torno de 21 Hz.

Pode-se observar que há um decréscimo do módulo de elasticidade com o aumento da temperatura, que é característico da maioria dos metais, devido ao amolecimento natural do material.

A introdução de oxigênio intersticial causa um aumento no módulo de elasticidade, o que não é desejado em ligas de implantes.

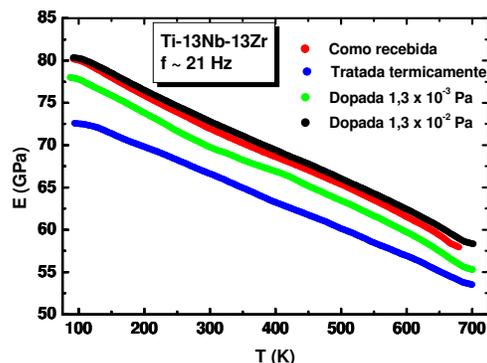


Figura 2: Módulo de elasticidade como função da temperatura para as amostras TNZ nas condições como recebida, tratada termicamente e após duas dopagens com oxigênio, medidas com frequência em torno de 21 Hz.

Referências bibliográficas

- Davidson, J.A., Kovacs, P. USA Patent n.º. 4.169.597, 1992.
- Donato, T.A.G., Santos Júnior, A.R., Arruda, M.S.P., Grandini, C.R. Brazilian Journal of Morphological Sciences, v. Sup., p. 280-281, 2005.
- Geetha, M., Mudalki, K.U., Raj, B. Corrosion Science, v. 46, p. 877, 2004.
- ISO 6721-2, Plastics – Determination of dynamic mechanical properties – Part 2: Torsion-pendulum method, Suíça, 1994.
- Niinomi, M. Materials Science and Engineering A 243, p. 231-236, 1998.
- Nowick, A. S., Berry, B. S. Inelastic Relaxation in Crystalline Solids, Academic Press, New York, 1972.
- Pintão, C.A.F.; Souza Filho, M.P.; Grandini, C.R.; Hessel, R. Revista Brasileira de Ensino de Física, 23, 48, 2001.
- Pintão, C.A.F.; Almeida, L.H.; Grandini, C.R. Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, aceito para publicação, 2006.
- Song, Y., Xu, D.S., Yang, R. Li, D., Wu, W.T., Guo, Z.X. Materials Science and Engineering A, v. 260, p. 269, 1999.
- Wang, K. Materials Science and Engineering A, v. 213, p. 134, 1996.