

Influência da Concentração de Oxigênio no Módulo de Elasticidade Relativo de Ligas Ti-10Mo

Renata Abdallah Nogueira, UNESP, Grupo de Relaxações Anelásticas, Bauru (SP), e-mail: abdallah@fc.unesp.br, home page: www.fc.unesp.br/relaxacoes.

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

Ana Paula Rosifini Alves, UNESP, Departamento de Materiais e Tecnologia, Guaratinguetá (SP), e-mail: rosifini@feg.unesp.br, home page: www.feg.unesp.br.

Introdução

Com excelentes combinações de resistência/peso e ótima resistência à corrosão, as ligas de titânio têm sido um excelente atrativo para aplicações na indústria aeronáutica e automobilística, e também na fabricação de próteses ortopédicas e dentárias, devido ainda, a sua excelente biocompatibilidade [Niinomi, 1998; Peacock, 1996].

A liga Ti-6Al-4V é utilizada na maioria dos implantes ortopédicos. Porém, é conhecido que os íons alumínio causam desordens neurológicas e os íons vanádio estão associados com distúrbios enzimáticos, entre outros problemas [Bellinati, 1999]. Assim, muitas pesquisas têm procurado alternativas à liga Ti-6Al-4V, na tentativa de se obter materiais com resistência mecânica similar (ou mais elevada), menor módulo de elasticidade e maior biocompatibilidade. As ligas mais promissoras são as que apresentam Nb, Zr, Mo e Ta como elementos de liga, adicionados ao Ti. A liga Ti-10Mo (TM) integra uma nova classe de ligas à base de Ti, sem a presença de Al e V (que apresentam citotoxicidade) e com baixos valores do módulo de Young (por volta de 90 GPa), bastante atraentes para o emprego como biomateriais [Ho, 1999; Alves, 2004].

O módulo de elasticidade é uma propriedade importante para aplicações em implantes, pois, a insuficiente absorção de impactos pode levar ao desgaste do osso e a perda da prótese.

Elementos metálicos adicionados ao titânio puro alteram a temperatura e a estabilidade das transformações alotrópicas, aumentando ou diminuindo a temperatura de transição de fase. A adição de elementos intersticiais ao material tende a aumentar a dureza, a resistência mecânica e a diminuir a ductilidade. As medidas de espectroscopia mecânica constituem uma ferramenta

poderosa para o estudo da interação de elementos substitucionais e intersticiais com a matriz metálica [Nowick, 1972].

Este trabalho tem como objetivo o estudo do efeito de elementos intersticiais no módulo de elasticidade relativo da liga Ti-10Mo.

Parte Experimental

As amostras da liga Ti-10Mo foram produzidas através de fusão em um forno a arco com eletrodo não consumível, onde as matérias-primas foram fundidas em cadinhos de cobre refrigerados a água, no Departamento de Engenharia de Materiais da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da UNESP. Estas amostras, como recebidas, contêm oxigênio, nitrogênio e uma pequena porcentagem de hidrogênio, provavelmente residuais do processo de fusão.

As medidas de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram realizadas em um microscópio eletrônico de varredura Stereoscan 400 da Leica, no CCDM da UFSCar.

As medidas de atrito interno e frequência foram realizadas em um Pêndulo de Torção, na faixa de temperatura entre 90 e 700 K e uma frequência de oscilação entre 3 e 30 Hz. As medidas foram efetuadas com uma taxa de aquecimento de aproximadamente 1 K/min, sob vácuo próximo de 10^{-6} mbar, para evitar a contaminação das amostras.

Nas medidas de atrito interno, após um torque inicial, a amostra é colocada a vibrar em seu estado fundamental, que causa a dissipação de energia sob a forma de calor. Esta dissipação pode ser medida direta ou indiretamente. No caso do Pêndulo de Torção, esta dissipação de energia por ciclo é medida através do decremento logarítmico, que é a menos de uma constante o próprio atrito interno da amostra. O módulo de

elasticidade é obtido através da frequência de oscilação da amostra [Nowick, 1972].

Os dados relativos ao amortecimento da amplitude de oscilação foram coletados automaticamente, utilizando-se um feixe de laser refletido por um espelho colocado sobre o eixo do pêndulo e atingindo dois fotodiodos conectados, por intermédio de uma interface, a um microcomputador.

As medidas foram realizadas na amostra tratada termicamente e após duas dopagens com uma pressão parcial de 1×10^{-5} e 1×10^{-3} Torr de oxigênio, permanecendo a uma temperatura de 800°C por 30 min em cada dopagem.

Resultados e Discussões

Na Fig. 1 temos uma micrografia da liga Ti-10Mo, com ampliação de 2500x, obtida na amostra como foi recebida. A figura mostra uma estrutura dendrítica, que caracteriza a fase beta. Observamos também, a presença de duas fases, alfa e beta (regiões clara e escura da micrografia, respectivamente), com a predominância da fase beta.

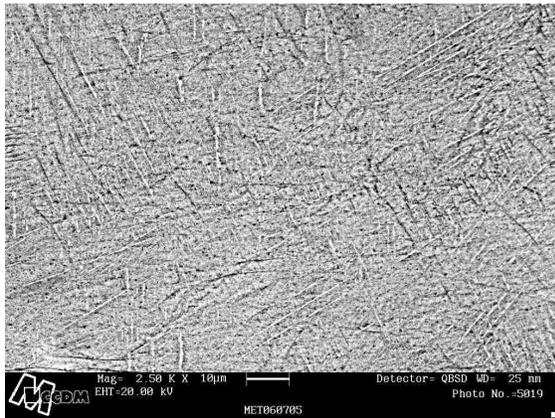
A micrografia mostra a estrutura metalúrgica da liga Ti-10Mo. A imagem é em escala de cinza e apresenta uma complexa rede de linhas e manchas, característica de uma estrutura dendrítica. Há variações de tonalidade, com áreas mais claras e mais escuras, indicando a presença de diferentes fases (alfa e beta). No canto inferior esquerdo, há uma escala gráfica e informações técnicas: 'Mag: 2.50 K X 10µm', 'EHT: 20.00 kV', 'Detector: QBS0 MD: 25 mm', 'Photo No.: 5819' e 'MET060705'.

Fig. 1 – Micrografia da liga Ti-10Mo, com ampliação de 2500x.

Na Fig. 2 observa-se o gráfico de módulo de elasticidade relativo como função da temperatura para as amostras de Ti-10Mo nas condições após tratamento térmico e após duas dopagens com oxigênio, medido com frequência em torno de 7 Hz.

Podemos observar que há um decréscimo do módulo de elasticidade relativo com o aumento da temperatura. Esse fenômeno é característico da maioria dos metais, pois possuem um amolecimento natural com o aumento da temperatura. O aumento da concentração de oxigênio causa um aumento no módulo de elasticidade relativo.

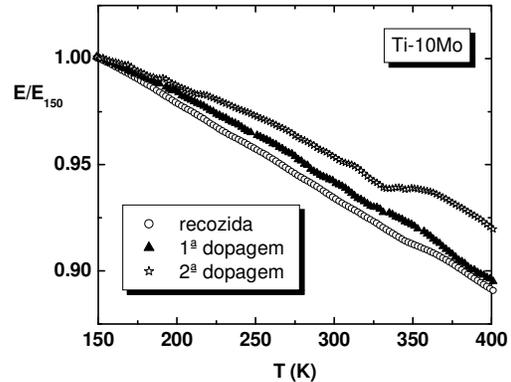
O gráfico mostra a relação entre o módulo de elasticidade relativo (E/E₁₅₀) no eixo Y e a temperatura (T) em Kelvin no eixo X para a liga Ti-10Mo. O eixo X varia de 150 K a 400 K, e o eixo Y varia de 0.90 a 1.00. Há três curvas representadas: uma com círculos vazios (recozida), uma com triângulos (1ª dopagem) e uma com estrelas (2ª dopagem). Todas as curvas mostram uma tendência geral de diminuição do módulo de elasticidade relativo com o aumento da temperatura. A curva da amostra recozida é a mais baixa, enquanto a amostra com a 2ª dopagem apresenta o maior módulo de elasticidade relativo em toda a faixa de temperatura mostrada.

Fig. 2 – Comparação entre os módulos de elasticidade relativos nas amostras tratada termicamente e após duas dopagens com oxigênio.

Considerações Finais

Neste trabalho pudemos observar que a adição de elementos intersticiais, como oxigênio, altera de forma significativa as propriedades físicas do material.

Comparando o módulo de elasticidade relativo, concluímos que a adição de oxigênio causa um aumento no módulo, isto é ruim quando se trata de um biomaterial que será utilizado em implantes ortopédicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPESP pelo suporte financeiro

Referências bibliográficas

- Alves, A.P.R., Santana, F.A., Rosa, L.A.A., Cursino, S.A., Codaro, E.N. Materials Science and Engineering C, vol 24, p. 693, 2004.
- Bellinati, C.E., Dissertação de Mestrado, ITA, São José dos Campos, SP, 1999.
- Ho, W.F., Ju, C.P., Chern Lin, J.H., Biomaterials, vol 20, 2115-2122, 1999.
- Niinomi, M. Materials Science and Engineering A 243, p. 231-236, 1998.
- Nowick, A.S., Berry, B.S., "Anelastic Relaxation in Crystalline Solids", Academic Press, 1972.
- Peacock, D., Materials World 4, vol 12, 696-698, 1996.