



IV Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica

IV EnICT

ISSN: 2526-6772

IFSP – Câmpus Araraquara

24 e 25 de outubro de 2019



EFEITO DE ELEMENTOS SUBSTITUCIONAIS NA MICROESTRUTURA DE LIGAS TERNÁRIAS DE TITÂNIO

BRUNA LARA FERREIRA ALMEIDA, MARCOS RIBEIRO DA SILVA

Cursando Ensino Médio Integrado à Mecânica, Bolsista PIBIFSP, IFSP Campus Araraquara, bruna.almeida@aluno.ifsp.edu.br
Professor EBTT, IFSP Câmpus Araraquara, marcosrs@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.13.02.01-7 Biomateriais e Materiais Biocompatíveis

RESUMO: Foi descoberto que os elementos Zircônio e Molibdênio são metais não citotóxicos, devendo formar, em conjunto com o Titânio - que é um famoso elemento não citotóxico e está presente em muitas outras ligas, uma liga ternária biocompatível. O estudo da liga Ti-10Mo-XZr tem como propósito testar as respectivas biocompatibilidades conjuntas nessa liga e no futuro aumentar a qualidade de vida de muitas pessoas passando por uma substituição de tecidos de seu corpo. Muitas próteses feitas com algumas ligas diferentes dessa citada ao longo do tempo tiveram um mal resultado ao entrar em contato com o corpo humano. Os trabalhos envolvendo ligas ternárias de titânio têm como grande motivação os estudos microestruturais, procurando evidenciar as características morfológicas e estruturais.

PALAVRAS-CHAVE: zircônio; molibdênio; biocompatibilidade; citotóxico.

INTRODUÇÃO

Geralmente, as características e as propriedades de um material para utilização como biomaterial podem ser agrupadas em quatro categorias. Uma dessas categorias está associada à biocompatibilidade. Materiais biocompatíveis não devem irritar os tecidos do hospedeiro, não devem provocar resposta inflamatória anormal, não devem ocasionar reações imunológicas ou alergênicas e não podem causar câncer.

Deste modo, a biocompatibilidade envolve a aceitação de um implante artificial pelos tecidos em contato e pelo organismo de uma forma geral (WONG, 2007). Os estudos realizados até o momento mostram que a biocompatibilidade do titânio é excelente (PARK, 2007). Esta propriedade, junto à elevada razão resistência mecânica/densidade, seu baixo módulo de elasticidade e sua resistência à corrosão, caracterizam o titânio como um metal excelente para ser utilizado na confecção de próteses articulares, implantes dentários e outras aplicações em medicina (LIDE, 1999). Em pequenas quantidades, o molibdênio é aplicado em diversas ligas para endurecimento e torná-las resistentes à corrosão. Exerce também um importante papel biológico, sendo um nutriente para animais e plantas (LIDE, 1999). O zircônio é um elemento de liga atrativo pois é considerado extremamente biocompatível, possui excelente biocompatibilidade in vivo, não havendo evidência de mutagenicidade ou carcinogenicidade, além de possuir boa resistência à corrosão e osteocompatibilidade, igualando ou até mesmo superando o titânio (Biesiekierski et al., 2012). As ligas do tipo β tem o módulo de elasticidade mais baixo comparada à fase α , esse tipo se aproxima muito da característica encontrada do osso.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O titânio puro possui densidade baixa ($4,51 \text{ g/cm}^3$), elevado ponto de fusão ($1668 \text{ }^\circ\text{C}$) e módulo de elasticidade de 107 GPa (LIDE, 1999). A maior limitação do titânio está na sua reatividade química com outros materiais a temperaturas elevadas. Isso exigiu a criação de técnicas não convencionais de beneficiamento, fusão e fundição; conseqüentemente a produção de suas ligas tem custo elevado (CORREA et al).

É importante salientar que o titânio sofre uma transformação alotrópica à temperatura de $882 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo o único metal leve a apresentar dimorfismo, onde sua estrutura cristalina estável à temperatura ambiente, hexagonal compacta (fase α), transforma-se em cúbica de corpo centrado (fase β) permanecendo estável até sua temperatura de fusão $1670 \text{ }^\circ\text{C}$ [ANKEM, 1999]. A temperatura de transição de fase depende da composição da liga.

Ligas do sistema Ti-Mo mostram que a adição de Mo na liga causa mudanças na estrutura cristalina do material, indicando que quanto maior a porcentagem do elemento Mo, melhor a estabilização da fase β , tais resultados são relativos à ligas após fusão e tratamentos térmicos onde a taxa de resfriamento é um fator de grande relevância para a estabilização da fase β . (ARAUJO, 2012)

Estudos no sistema Ti-XZr (onde $x=5, 10$ e 15 \%p), realizado por Correa e colaboradores, mostram que há incidência da fase α' (hexagonal) em coexistência com a fase β , que foi sendo estabilizada de acordo com o aumento do elemento Zr.

Estudos no sistema ternário Ti-10Mo- XZr mostram excelente biocompatibilidade, e a presença da fase β , sendo esta fase sendo estabilizada com o aumento do elemento Zr na matriz da liga (ARAUJO, 2017, HO et al., 2012).

Este estudo tem como objetivo estudar o efeito do Zr nas características microestruturais de ligas do sistema Ti-10Mo-XZr, quanto à estabilização da fase β .

METODOLOGIA

Os lingotes das amostras Ti-10Mo-25Zr e Ti-10Mo-35Zr foram feitos utilizando a fundição por forno arco voltaico. Foram utilizados como elementos precursores metais comercialmente puros, na forma de barras cilíndricas de titânio, folhas de zircônio e fios de molibdênio, previamente decapados e lavados em lavadora ultrassônica, tendo como objetivo eliminar impurezas nestes materiais. Foram confeccionados dois lingotes com 100g cada um.

Para a caracterização prévia das amostras foram realizadas medidas de densidade utilizando o princípio de Arquimedes, utilizando uma balança analítica da OHAUS modelo Explorer.

As medidas de microscopia óptica foram realizadas utilizando-se um microscópio Olympus, pertencente ao Laboratório de Anelasticidade e Biomateriais da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru e adquirido com o apoio da FAPESP (proc. 09/00.042-0), enquanto as medidas de microscopia eletrônica de varredura serão realizadas em um microscópio eletrônico de varredura Zeiss LS510, com EDS Oxford (modelo INCA X-ACT) acoplado, pertencente a Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru, essas medidas são de fundamental importância para a visualização das fases que compõem cada liga.

Medidas de difração de raios x foram realizadas no Laboratório Nacional de Nanotecnologia, da Unicamp utilizando a radiação $\text{CuK}\alpha$, com varredura 2θ de 10 a 100° .

Para o cálculo do parâmetro de rede foi utilizada a relação entre o parâmetro de rede da estrutura CCC e a distância interplanar d , de acordo com a equação 1.

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados da densidade teórica de cada liga e da densidade experimental obtida para cada lingote.

TABELA 1. Densidade teórica e resultados experimentais para as ligas Ti-10Mo-25Zr e Ti-10Mo-35Zr.

Liga	Densidade teórica (g/cm ³)	Densidade Experimental (g/cm ³)	Erro (%)
Ti-10Mo-25Zr	5,19	(5,20 ± 0,02)	0,2
Ti-10Mo-35Zr	5,37	(5,25 ± 0,01)	1,9

Os resultados obtidos na Tabela 1 mostram que as amostras possuem erros percentuais baixos mostrando que o método utilizado para a confecção das amostras, bem como o manuseio do equipamento foi adequado para obter amostras de qualidade.

Foram realizadas também micrografias geradas pelo microscópio ótico para as liga Ti-10Mo-25Zr e Ti-10Mo-35Zr com aumento de 200 vezes.

A Tabela 2 mostra as micrografias geradas por MEV para as amostras Ti-10Mo-25Zr com aumentos de (a) 1000 vezes e (b) 2000 vezes e a tabela 3 mostra as micrografias geradas por MEV para as amostras Ti-10Mo-35Zr com aumentos de (a) 200 vezes e (b) 2000 vezes. É possível observar contornos de grãos bem definidos, características de ligas com estrutura β. Para o aumento de 2000 x nota-se que o intragrão é homogêneo, não apresentando traços de demais fases.

TABELA 2. Micrografias gerados por MEV para a amostra Ti-10Mo-25Zr para os aumentos de (a) 1000 vezes e (b) 2000 vezes.

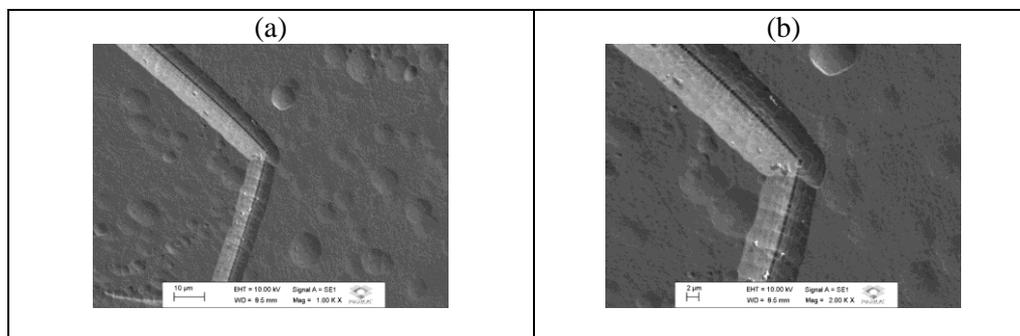
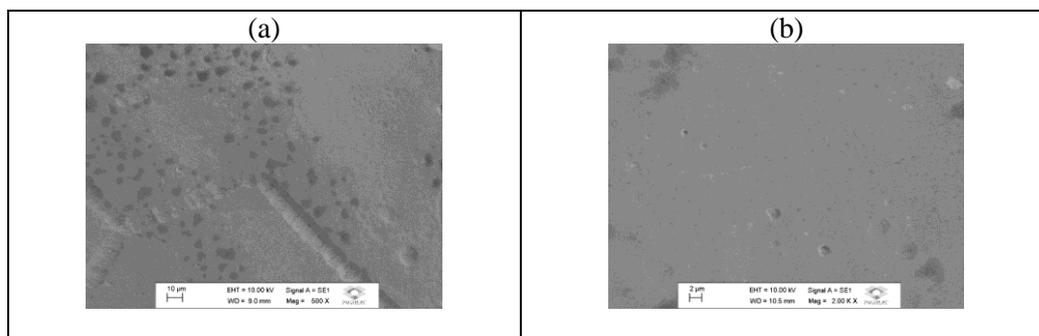
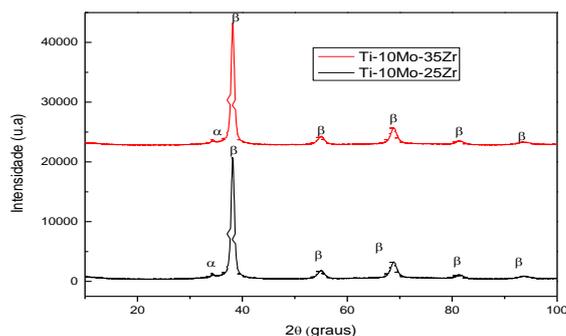


TABELA 3. Micrografias gerados por MEV para a amostra Ti-10Mo-35Zr para os aumentos de (a) 200 vezes e (b) 2000 vezes.



A Figura 1 mostra um difratograma de raios x para as amostras Ti-10Mo-25Zr e Ti-10Mo-35Zr

FIGURA 1. Difratogramas de raios x para amostras Ti-10-Mo-25Zr e Ti-10Mo-35Zr



Por intermédio da Figura 1 é possível observar picos característicos da fase β , além de um pico relativo à fase α , este pico diminui de intensidade com o aumento do elemento substitucional Zr na matriz das ligas. O parâmetro de rede encontrado para a liga Ti-10Mo-25Zr foi de 3,3419 Å e para a mostra Ti-10Mo-35Zr o valor de 3,3382 Å, mostrando que o Zr promoveu uma pequena diminuição no parâmetro de rede da amostra com maior teor de Zr.

CONCLUSÕES

As amostras foram preparadas com qualidade visto que as densidades experimentais são muito próximas das teóricas. Ambas as ligas são predominantemente da fase β , mostrando o caráter β estabilizador do Zr. A introdução do elemento substitucional não alterou de forma significativa o parâmetro de rede da liga.

AGRADECIMENTOS

IFSP, UNESP E FAPESP.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R.O. Influência do zircônio e do oxigênio na estrutura, microestrutura e propriedades mecânicas de ligas do sistema Ti-Mo-Zr 2017. 126f. Tese (Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru (SP), 2017
- BIESIEKIERSKI, A. et al. A new look at biomedical Ti-based shape memory alloys. *Acta Biomater*, v. 8, n. 5, p. 1661-9, May 2012. ISSN 1878-7568 (Electronic) 1742-7061 (Linking).
- CORREA, D. R. N. et al. The effect of the solute on the structure, selected mechanical properties, and biocompatibility of Ti-Zr system alloys for dental applications. *Materials Science and Engineering: C*, v. 34, p. 354-359, 1/1/ 2014. ISSN 0928-4931.
- LIDE, D.R. *Handbook of Chemistry and Physics*, 88.ed. New York (USA): CRC, 1999.
- HO, W.-F. et al. Effects of molybdenum content on the structure and mechanical properties of as-cast Ti-10Zr-based alloys for biomedical applications. *Materials Science and Engineering: C*, v. 32, n. 3, p. 517-522, 2012. ISSN 09284931.
- PARK, J.B., LAKES, R.S. *Biomaterials. An Introduction*. 3 Ed., New York: Plenum Press, 2007.
- WONG, J. Y. B., J. D. *BIOMATERIALS*. CRC Press: New York: 2007