

ESTUDO DE LIGAS DE TITÂNIO METAESTÁVEIS PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS¹

Murilo Gonçalves da Silva², Athos Henrique Plaine³.

¹ Vinculado ao projeto “Desenvolvimento e caracterização de ligas de titânio tipo- β metaestáveis para aplicações como biomateriais”

² Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PIBIC

³ Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica – CCT – athos.plaine@udesc.br

Materiais utilizados na fabricação de implantes, enfrentam barreiras devido a complicações pós-cirúrgicas como, por exemplo, ocorrências de falhas mecânicas nos implantes, normalmente devido a diferenças de rigidez significativas entre o osso e o material implantado (efeito stress shielding). Além disso, alguns elementos de ligas são tóxicos e reagem com o corpo do paciente. Ligas de titânio do tipo- β metaestáveis e livres de elementos tóxicos e alergênicos, além de apresentar uma boa relação de resistência e ductilidade, podem apresentar uma rigidez próxima à do osso humano (≈ 30 GPa) em função da estabilidade da fase β .

Esta pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de novas ligas de titânio com boas características para usá-las como biomateriais. A escolha teórica da liga Ti-16Nb-10HF (TNH) foi feita pelo uso do modelo teórico do orbital molecular através do método de cluster variacional discreto (DV- $X\alpha$), o qual correlaciona a estabilidade das fases com o parâmetro de ordem da ligação (Bo) e o nível de energia do orbital d (Md). Com isso é possível prever teoricamente as propriedades elásticas e os possíveis mecanismos que estarão envolvidos na deformação plástica.

Para melhor apresentar os resultados e discussões utilizou-se a liga Ti29Nb13Ta4.6Zr (TNTZ) para comparação com a liga estudada. Após o cálculo dos parâmetros (Bo) e (Md) para ambas as ligas, estas foram posicionadas no mapa de estabilidade de fases representado na Figura 1, onde a localização da liga TNH, que apresenta $Bo = 2.830$ e $Md = 2.493$, está representada por um círculo e a localização da liga TNTZ, que apresenta valores de $Bo = 2.878$ e $Md = 2.462$, está representada por um quadrado. O mapa de estabilidade mostra as regiões onde as fases α , β e o campo de duas fases $\alpha+\beta$ estão presentes. A linha seguida de setas indica a direção de decréscimo do módulo de elasticidade. Como podemos observar no mapa de localização das ligas na Figura 1, a liga TNTZ se encontra mais próxima da linha de transição $\beta/\beta+\omega$ o que facilita a adequação de uma fase desejada com o uso de tratamentos térmicos. Já a liga TNH se encontra na região predominantemente de fase alfa (α), relativamente distante da zona de transição de fase e então apresenta uma maior estabilidade da matriz quando comparada a liga TNTZ.

As amostras recebidas na condição fundida passaram inicialmente por um processo de forjamento a quente rotativo. Na sequência, as ligas foram submetidas a tratamentos térmicos de solubilização com o intuito de diminuir os efeitos da conformação plástica prévia e adequar algumas variáveis importantes, como a morfologia e a distribuição das fases. Foram preparadas amostras para o estudo da evolução microestrutural, através das etapas de embutimento, lixamento, polimento e ataque químico da seção transversal. A partir do microscópio ótico foram obtidas imagens ampliadas da liga para as diferentes condições de processamento para análise quantitativa e qualitativa dos constituintes estruturais.

Utilizou-se da técnica de difração de raio X para identificação das fases presentes em cada uma das condições estudadas após processamento. Com os dados, difratogramas resultantes foram analisados por meio do software X'Pert HighScore Plus, da Panalytical. Assim, foi possível determinar as fases presentes através de uma comparação com o banco de dados do software; o qual foi inicialmente alimentado com a ficha CIF das principais fases presentes em ligas de titânio. A partir dos difratogramas de raios-X identificou-se como esperado pela localização no mapa de estabilidade, que a microestrutura da liga TNH é predominantemente fase α . Já para a liga TNTZ, a sua microestrutura é composta principalmente pela fase β e pela fase martensita α'' .

Por fim para avaliar o módulo de elasticidade e resistência mecânica, foram realizados ensaios de dureza no equipamento Zwick Roell (ZHV) e a determinação da rigidez das ligas pela técnica de resposta acústica por impulso no equipamento Sonelastic. Os valores são apresentados na Tabela 1. Apesar da liga TNTZ apresentar baixo módulo de elasticidade, o que é buscado para se alcançar uma rigidez próxima ao osso, esta apresenta uma baixa resistência quando comparada a liga TNH. Sendo assim, a liga TNH por apresentar uma resistência maior e manter em um valor de elasticidade relativamente baixo, seria mais adequada para a aplicação pretendida. Desta forma, a liga estudada composta por elementos atóxicos, quando processadas adequadamente podem apresentar resistência adequada e características de superelasticidade compatíveis ao osso humano, possibilitando diminuição do efeito do stress shielding, e, assim, podendo ser um potencial substituto aos materiais convencionalmente utilizados para este tipo de aplicação.

Tabela 1. *Módulo de elasticidade e Dureza para as ligas.*

Condição:	Dureza Vickers (HV)		Módulo de elasticidade (Gpa)	
	Forjada	Solubilizada	Forjada	Solubilizada
Ti16Nb10Hf	333	210	82.63	78.26
Ti29Nb13Ta4,6Zr	148	128	65.18	64.60

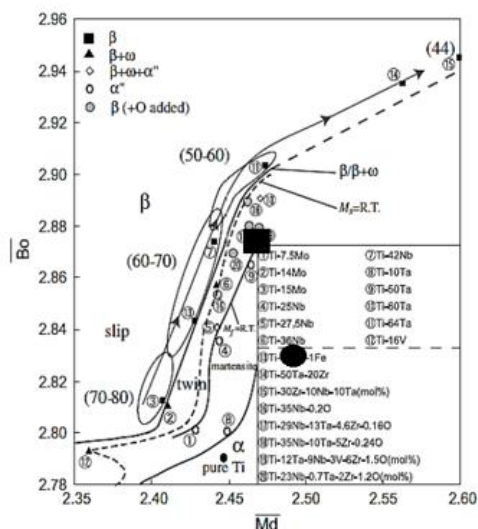


Figura 1. *Mapa de estabilidade $\bar{B}_o - \bar{M}_d$ mostrando a localização das ligas de titânio estudadas.*

Palavras-chave: Liga de Titânio, Biomateriais, Modelo do Orbital Molecular.