



## DESENVOLVIMENTO DE LIGAS DE TITÂNIO BETA METAESTÁVEL DE ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA

João Pedro Cotrim Fleury\*, Victor Carvalho Opini, Rubens Caram Jr.

### Resumo

O objetivo deste trabalho consistiu na modificação da liga  $\beta$  metaestável Ti-5553 com a retirada do Vanádio e adição de Nióbio, bem como a substituição do Cromo pelo Ferro. Também foi analisado o efeito da taxa de resfriamento até a temperatura ambiente na microestrutura final. Os tratamentos térmicos aplicados resultaram em microestrutura formada por precipitados de fase  $\alpha$  em matriz de fase  $\beta$ , com alta resistência mecânica e boa ductilidade.

### Palavras-chave:

Liga  $\beta$  Metaestável, Ti-5553, Tratamentos térmicos.

### Introdução

A demanda por materiais com elevada razão entre resistência mecânica e peso tem estimulado o desenvolvimento de ligas de titânio  $\beta$  metaestáveis como a liga Ti-5553, de composição Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr (% em peso). Em ligas de titânio, a fase  $\beta$  apresenta baixa resistência mecânica e baixo módulo de elasticidade, mas com tratamentos térmicos de envelhecimento é possível impor a precipitação da fase  $\alpha$ , que altera o comportamento mecânico da liga, produzindo alta resistência mecânica e à fadiga.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução microestrutural e as propriedades mecânicas da liga Ti-12Nb-5Al-5Mo-2Fe modificada pela adição de Nb em substituição ao V e adição do Fe em substituição ao Cr, tratando-a termicamente.

### Resultados e Discussão

A liga Ti-12Nb-5Al-5Mo-2Fe foi obtida de uma modificação da liga Ti-5553, na qual houve a retirada do Vanádio e adição de Nióbio, bem como a substituição do Cromo pelo Ferro, usando o critério de Mo equivalente. Os elementos foram fundidos em forno de fusão a arco e submetidos a tratamento térmico de homogeneização a 1000°C por período de 12 h. Após o processo, o lingote foi resfriado em água para a retenção da fase  $\beta$ . Finalmente, foi realizada a laminação a frio do lingote.

Depois da laminação, uma amostra foi aquecida até 900 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min e mantida nesta temperatura por 1 h, o que foi suficiente para o tratamento de solubilização da amostra mostrado na Figura 1.

A figura 2 mostra a microestrutura obtida após a solubilização realizada a 900 °C e resfriamento em ar. O resfriamento ao ar é lento e possibilita a precipitação da fase  $\alpha$ . Com esse tipo de tratamento térmico, nota-se que a amostra sofreu a precipitação da fase  $\alpha$  no contorno e no interior dos grãos de fase  $\beta$  em forma de agulhas refinadas. As medidas de dureza Vickers foram realizadas e obteve-se 428,9±10,4 HV. Esse valor é maior que no caso de resfriamento em água e é explicado pela precipitação de fase  $\alpha$ , como demonstrado na Figura 2.

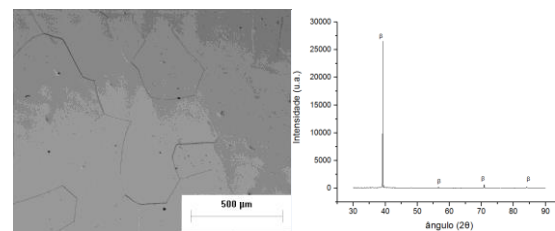


Figura 1. Micrografia obtida por microscópio óptico e difratograma de raios-X da liga Ti-12Nb-5Al-5Mo-2Fe após solubilização à temperatura de 950 °C e resfriamento em água.

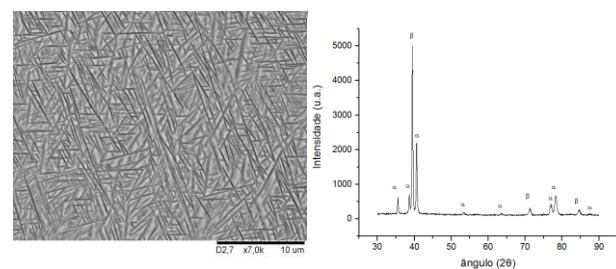


Figura 2. Micrografia obtida por MEV e difratograma de raios-X da liga Ti-12Nb-5Al-5Mo-2Fe após tratamento térmico de solubilização a 900 °C e resfriamento em ar.

### Conclusões

A solubilização das amostras à temperatura de solubilização de 900 °C e resfriamento em água, resultaram em microestrutura isenta de precipitação de fase  $\alpha$  na matriz  $\beta$ . Quando a amostra foi submetida ao resfriamento ao ar, ocorreu precipitação bem refinada da fase  $\alpha$  na matriz  $\beta$  em forma de agulhas, garantindo alta resistência mecânica e boa ductilidade.

### Agradecimentos

Os autores agradecem as instituições de fomento à pesquisa PIBIC, FAPESP e CNPq pelo auxílio financeiro.

- 1 CALLISTER, W.D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. São Paulo: Editora LTC, 2002, 260p.
- 2 Nag, S. Influence of Beta Instabilities on the Early Stages of Nucleation and Growth of Alpha in Beta Titanium Alloys. Ohio: The Ohio State University, 2008, 282p. Tese de Doutorado.