cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Microstructural characterization of heat-treated (66.7-x)Ti-xY-22.2Si-11.1B (at.-%) alloys (x = 2, 4, and 6 at.-%)

Suheil Khalil Yacoub Junior[1]; Thalles Henrique Faria de Souza[1]; Marcos Fernandes Bernardes[1] ; Lucas Moreira Ferreira[2]; Nabil Chaia[3]; Carlos Ângelo Nunes[4]; Alfeu Saraiva Ramos[1]

1.UNIFAL-MG; 2. COPPE-UFRJ; 3. CECAL GROUP; 4. EEL-USP

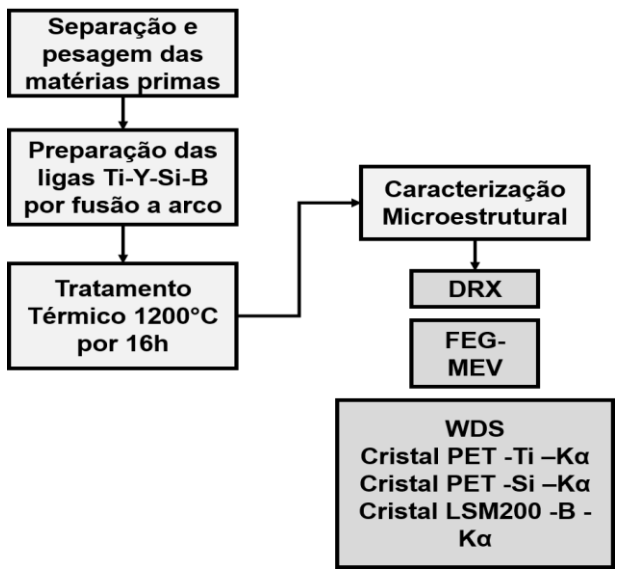
Introdução

Novas ligas de titânio contendo adição de Nb, Ta, Zr e/ou Mo, empregadas como biomateriais, visam a obtenção de superiores características de biocompatibilidade, mas possuem limitações relacionadas com a resistência ao desgaste, quando comparado com ligas de Co-Cr-Mo. Ligas de Ti-SI-B (Ti+Ti_6Si_2B), que apresentam biocompatibilidade e osseointegração superior ao titânio puro, enquanto que a adição de elementos ligantes pode contribuir para a melhoria de propriedades mecânicas desses materiais. No entanto, nenhuma informação foi encontrada na literatura sobre o efeito da adição de ìtrio (Y) em ligas de Ti-Si-B (Ti+Ti_6Si_2B).

Objetivo

Avaliar o efeito da adição de ítrio (2%, 4% e 6%) na microestrutura de ligas (66,7-x)Ti-xY-22,2Si-11,1B (%-at.) produzidas por fusão a arco e subsequente tratamento térmico a 1200°C por 16h.

Metodologia



Resultados e Discussão

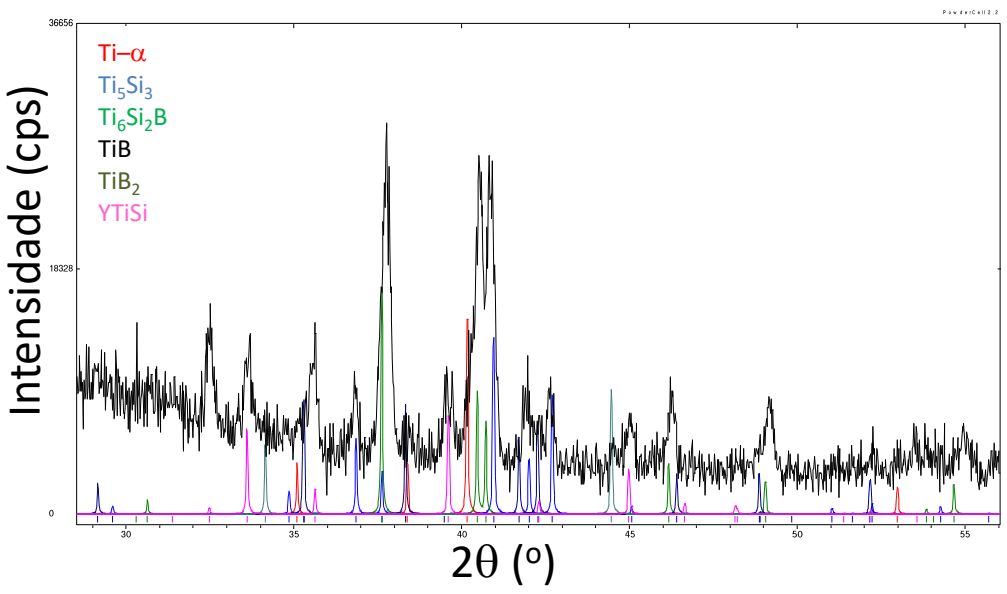


Figura 1. Difratograma de raios X da liga 60,67Ti-6Y-22,22Si-11,11B (%-at.) tratada a 1200ºC por 16h.

Resultados e Discussão

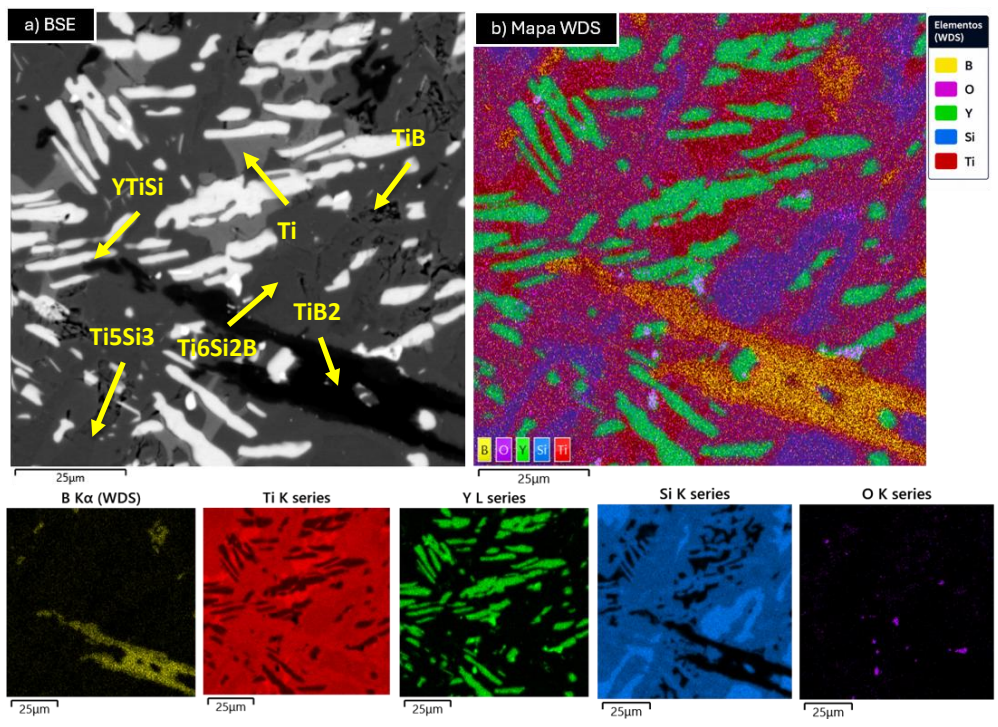


Figura 2. Mapeamento de raios X por WDS da liga 60,67Ti-6Y-22,22Si-11,11B (%-at.) tratada a 1200ºC por 16h.

(a)

Fase	Ti (%-at.)	Y (%-at.)	Si (%-at.)	B (%-at.)
Tiss	98,51–98,80	0,00–0,09	0,55–1,06	0,42–0,80
Ti_6Si_2B	66,97–67,62	0,00–0,02	20,58–21,75	10,63–12,04
Ti_5Si_3	64,06–65,01	0,27–0,40	32,32–32,78	2,07–3,16
TiB	51,59–52,98	0,02–0,04	0,05–0,30	46,82–48,09
TiB_2	36,57–38,01	0,01–0,02	0,01–0,05	61,97–63,38
YTiSi	35,55–37,58	32,64–34,03	29,65–30,42	0,00

(b)

Fase	Ti (%-at.)	Y (%-at.)	Si (%-at.)	B (%-at.)	O (%-at.)
Tiss	98,00 – 98,48	0,05 – 0,10	1,04 – 1,32	0,44 – 0,71	—
Ti_6Si_2B	61,86 – 62,92	0,01 – 0,13	24,94 – 25,65	11,43 – 13,02	—
Ti_5Si_3	57,97 – 58,57	0,50 – 0,57	37,04 – 38,11	2,93 – 4,44	—
TiB	47,59 – 48,07	0,00 – 0,01	0,03 – 0,06	51,89 – 52,38	—
TiB_2	33,70 – 34,34	0,00 – 0,03	0,01 – 0,04	65,61 – 66,25	—
YTiSi	30,84 – 31,19	33,01 – 33,67	32,02 – 32,19	3,04 – 3,78	—
$(Y_2O_3)ss$	2,95 – 6,44	32,95 – 34,92	0,30 – 2,22	0,00 – 3,81	58,03 – 59,62

Tabela 1. Teores de Ti, Y, Si e B medidos por WDS de fases das ligas (a) 64,67Ti-2Y-22,22Si-11,11B (%-at.) e (b) 60,67Ti-6Y-22,22Si-11,11B (%-at.) tratadas a 1200ºC por 16h.

Conclusões

Nas fases formadas, foi notado que o ítrio tende a ocupar parcialmente as posições do titânio nas estruturas cristalinas das fases Ti-α, Ti_5Si_3, Ti_6Si_2B, TiB e TiB_2, as quais indicaram baixas solubilidades de ítrio. Consequentemente, os picos de DRX destas fases foram levemente deslocados para a direção de maiores ângulos de difração.

Uma fase com estequiometria próxima da relação equiatômica, denominada como YTiSi, foi identificada nas ligas analisadas, a qual dissolve quantidades desprezíveis de boro. A quantidade de Ti_6Si_2B na microestrutura foi reduzida com o aumento da adição de ítrio, de 2 %-at. para 6 %-at.

Referências

- RAMOS, A. S. et al. The liquidus projection of the Ti-rich region of the Ti-Si-B system. Intermetallics, v. 12, n. 5, p. 487-493, 2004.
- HOTTA, V. et al. Grain refinement of beta-phase in titanium alloys via minor additions of yttrium. Scripta Materialia, v. 54, n. 6, p. 1005-1010, 2006.
- ANGELOVSKI, G. et al. Yttrium complexes in medical applications and hyperpolarized magnetic resonance imaging. Journal of Inorganic Biochemistry, v. 205, p. 110990, 2020.

Agradecimentos: Os autores agradecem à FAPEMIG (APQ-01423-24), FINEP e FAPESP pelos recursos disponibilizados.