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

Avaliação do Comportamento em Fluência da Liga Ti-6Al-4V Revestida com CrC(NiCr) e CoNiCrAlY via Aspersão Térmica

Suzana N. F. Ribeiro[1]*; Gisele F. C. Almeida[1]; M. P. B. Farias[1]; Juarez Mascarello[3]; Carlos R. C. Lima[1]; Antonio A. Couto[1,2]; Marcos Massi[1]

[1] Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia, São Paulo, Brasil | [2] IPEN-CNEN/SP | [3] Alpha Metalização Ltda., Barueri, SP

*suzana.ferreira@mackenzie.br

Introdução

A crescente demanda da indústria aeroespacial por materiais capazes de operar em temperaturas elevadas por períodos prolongados tem impulsionado o desenvolvimento de ligas metálicas mais eficientes e de sistemas de proteção térmica [1–3]. Nesse contexto, a liga Ti-6Al-4V destaca-se devido à sua elevada relação resistência/peso, boa tenacidade e ampla utilização em componentes aeronáuticos[4]. Entretanto, apesar de seu elevado ponto de fusão, essa liga apresenta limitações de desempenho em temperaturas acima de aproximadamente 500 °C, devido à intensa oxidação superficial e à perda de estabilidade mecânica. Os revestimentos de barreira térmica (Thermal Barrier Coatings – TBCs) têm sido amplamente investigados como uma alternativa para aumentar a resistência a altas temperaturas [7]. Entre os processos de deposição empregados, destaca-se a aspersão térmica por plasma atmosférico (Air Plasma Spray – APS), devido à sua elevada taxa de deposição, boa aderência e facilidade de aplicação industrial [5].

O substrato utilizado neste estudo foi a liga comercial Ti-6Al-4V na condição forjada a quente, em conformidade com as especificações da norma ASTM B265-15. Inicialmente, foi realizado um tratamento térmico a 1050 °C para promover a homogeneização microestrutural e obter uma microestrutura do tipo Widmanstätten [6]. Posteriormente, revestimentos metálicos e cerâmicos foram aplicados utilizando a técnica de aspersão térmica por plasma atmosférico (APS).

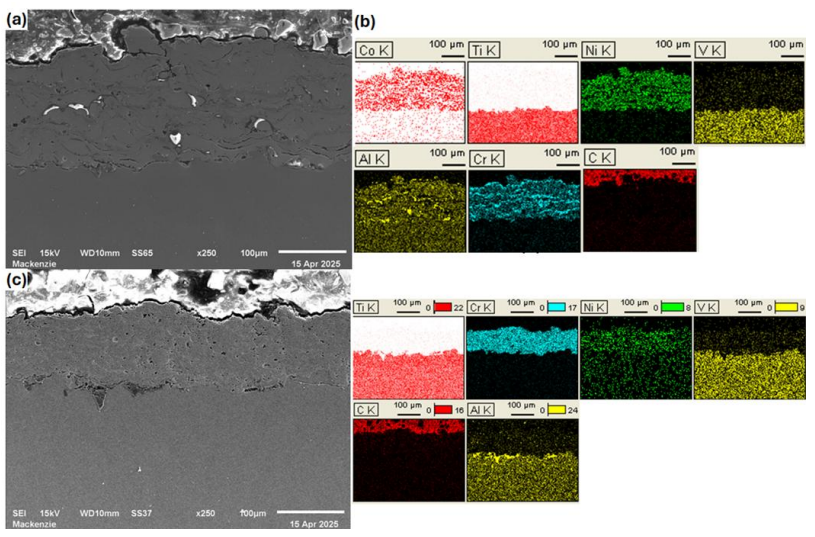


Figura 3. Micrografias eletrônicas de varredura (MEV) com espectroscopia de raios X por dispersão de energia acoplada, mostrando (b) revestimentos de CoNiCrAlY e (d) revestimentos de CrC(NiCr) sobre a liga Ti-6Al-4V.

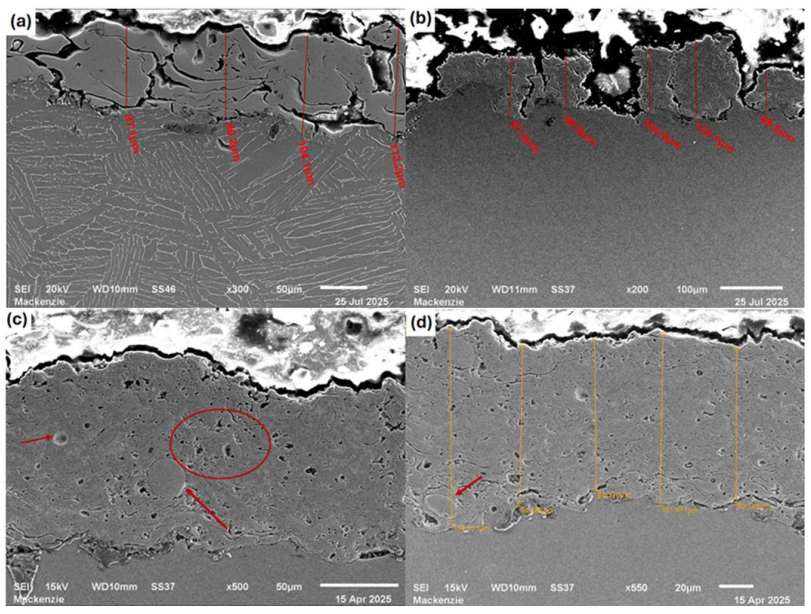
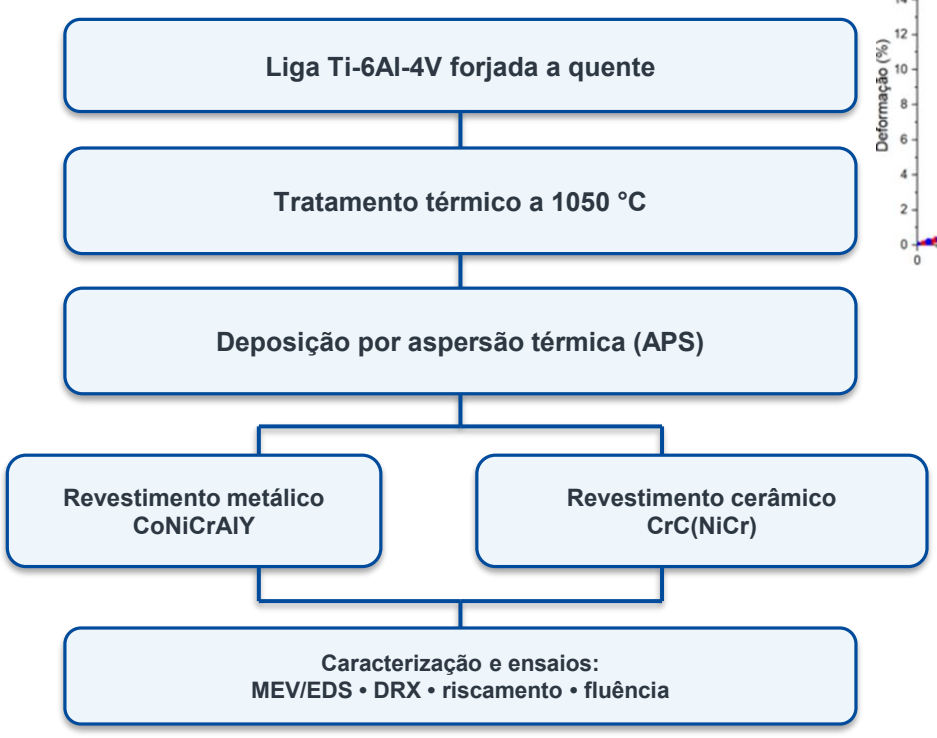


Figura 4. Micrografias eletrônicas de varredura (MEV) mostrando os revestimentos de (a) CoNiCrAlY e (b), (c), (d) CrC(NiCr) sobre a liga Ti-6Al-4V.

Metodologia



Resultados e Discussão

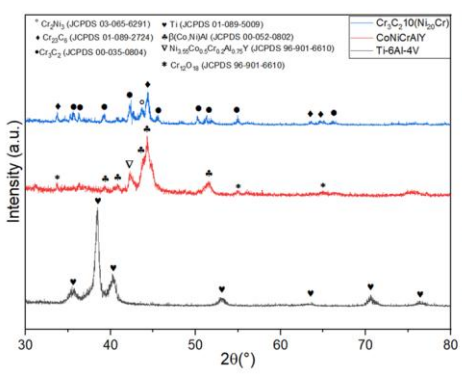


Figura 1. Padrões de difração de raios X (DRX) do substrato de Ti-6Al-4V puro e do substrato de Ti-6Al-4V revestido com CoNiCrAlY e CrC(NiCr) por meio de projeção por plasma atmosférico (APS).

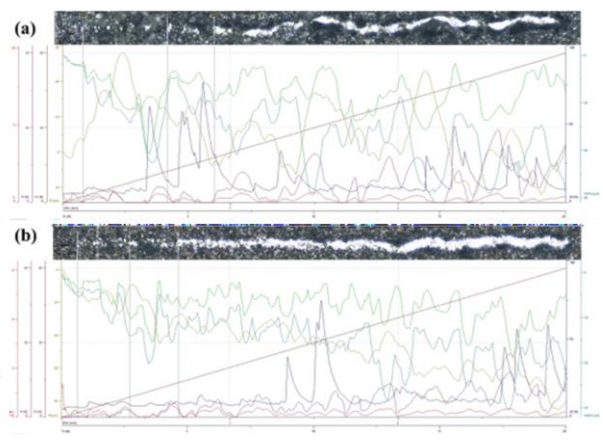


Figura 2. Teste de risco de revestimentos de (a) CoNiCrAlY e (b) CrC(NiCr) depositados sobre a liga Ti-6Al-4V.

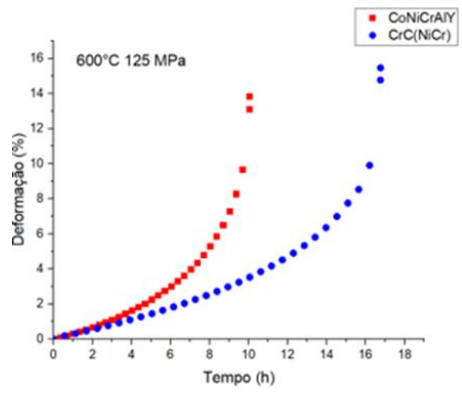


Figura 5. Ensaio de fluência de amostras revestidas com CoNiCrAlY (linha vermelha) e CrC(NiCr) (linha azul) sob condições de 600 °C e 125 MPa.

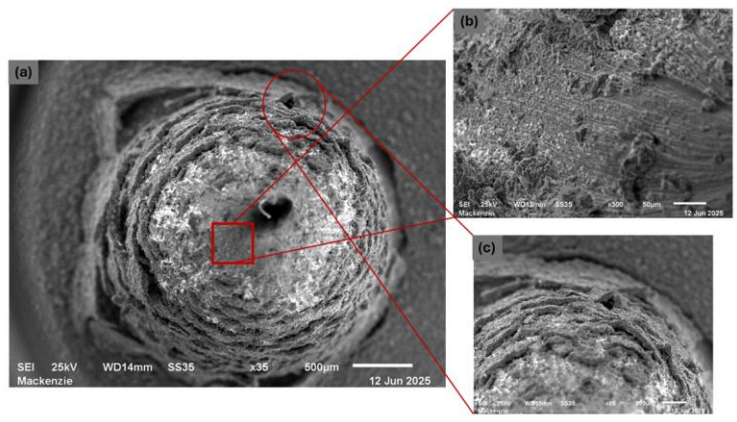


Figura 6. Superfície de fratura da liga Ti-6Al-4V com revestimento de CoNiCrAlY, sob uma tensão de 125 MPa a 600 °C. (a) Visão geral da fratura da amostra. (b) e (c) Vistas ampliadas da superfície de fratura, mostrando evidências de cavitação, ruptura dúctil e várias camadas de revestimento aderidas ao substrato.

Conclusões

Os revestimentos formaram camadas contínuas com boa aderência ao substrato, embora tenham sido observadas porosidades e microtrincas características do processo. Os sistemas apresentaram comportamentos distintos em fluência. A 600 °C e 125 MPa, o revestimento CoNiCrAlY apresentou menor deformação acumulada e maior estabilidade mecânica que o CrC(NiCr).

Referências

[1]CAROU, D. et al. Experimental study for the effective and sustainable repair and maintenance of bars made of Ti-6Al-4V alloy. Application to the aeronautic industry. Journal of Cleaner Production, v. 164, p. 465-475, 2017.

[2]ARAI, Masayuki; OHMARU, Junya. Creep deformation property of MCrAlY bond coatings by high-temperature creep indentation tests. Journal of Thermal Spray Technology, v. 32, n. 8, p. 2647-2660, 2023.

[3]BOBZIN, Kirsten; HEINEMANN, H.; JASUTYN, K. Numerical and Experimental Investigation for application of CoNiCrAlY Coatings by HVAF. Journal of Thermal Spray Technology, v. 33, n. 4, p. 1167-1177, 2024.

Agradecimentos

Mack Pesquisa · ALPHA Metalização Ltda · CNPq · CAPES · Zwick/Roell