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

Estudo da Resistência à Oxidação Isotérmica em alta temperatura da Liga de Alta Entropia CoCrFeMnNi

Giuliane Teixeira de Oliveira[1]; Pedro Gouveia Caldeira[1]; Tulio Hallak Panzera[1]; Artur Mariano de Sousa Malafaia[1].
1. Universidade Federal de São João del-Rei

Introdução

As Ligas de Alta Entropia (HEAs), como a liga equiatômica de Cantor (CoCrFeMnNi), destacam-se pela elevada estabilidade estrutural em ambientes severos. Para o processamento dessas ligas, os avanços na manufatura aditiva, como a Deposição de Energia Direcionada (DED), promovem altas taxas de resfriamento, resultando em microestruturas celulares refinadas e elevada densidade de discordâncias. Portanto, este trabalho investiga o impacto dessas características microestruturais na resistência à oxidação isotérmica da liga.

Objetivos

Caracterizar o comportamento oxidativo da liga de alta entropia CoCrFeMnNi produzida por DED a 900 °C, considerando o crescimento e a morfologia das camadas de óxidos formadas após 5, 50 e 100 horas de exposição.

Metodologia

As amostras obtidas por manufatura aditiva a 400 W e 500 W tiveram sua microestrutura inicial caracterizada (Figura 1) por preparação metalográfica com lixamento de 320 a 1000, polimento e ataque químico com solução de água régia. Os ensaios de oxidação isotérmica ocorreram a 900 °C por 5 h, 50 h e 100 h em duplicata, utilizando corpos de prova lixados até a granulação 600. A cinética foi avaliada por gravimetria antes e após os ensaios, e os produtos de oxidação foram caracterizados por MEV/EDS e difração de raios X.

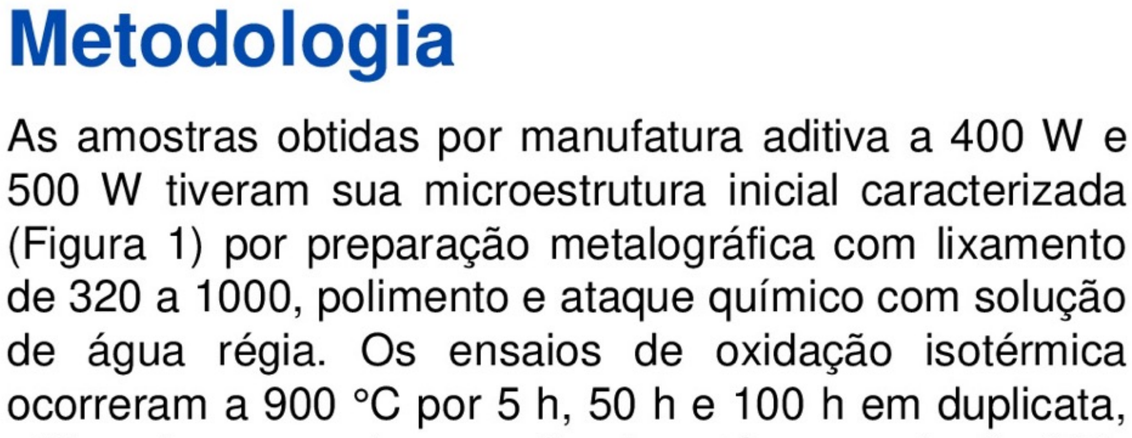


Figura 1: Micrografias ópticas das amostras no estado como fabricado processadas a (a) 400 W e (b) 500 W.

Resultados e Discussão

Até 50 h, as amostras fabricadas a 500 W apresentaram menor ganho de massa em comparação às de 400 W, indicando maior resistência à oxidação (Figura 2). Em 100 h, ocorreram perda de massa devido ao destacamento da camada de óxido. O MEV topográfico mostra um óxido com trincas e por EDS pode-se detectar cromo em apenas algumas regiões, com os demais elementos presentes (Figura 3).

Complementarmente, o difratograma de raios X confirma a formação externa de Mn_2O_3 (Bixbyíta), Fe_2O_3 (Hematita), Fe_3O_4 (Magnetita) e dos espinélios $MnCr_2O_4$ e $FeCr_2O_4$ (Figura 4).

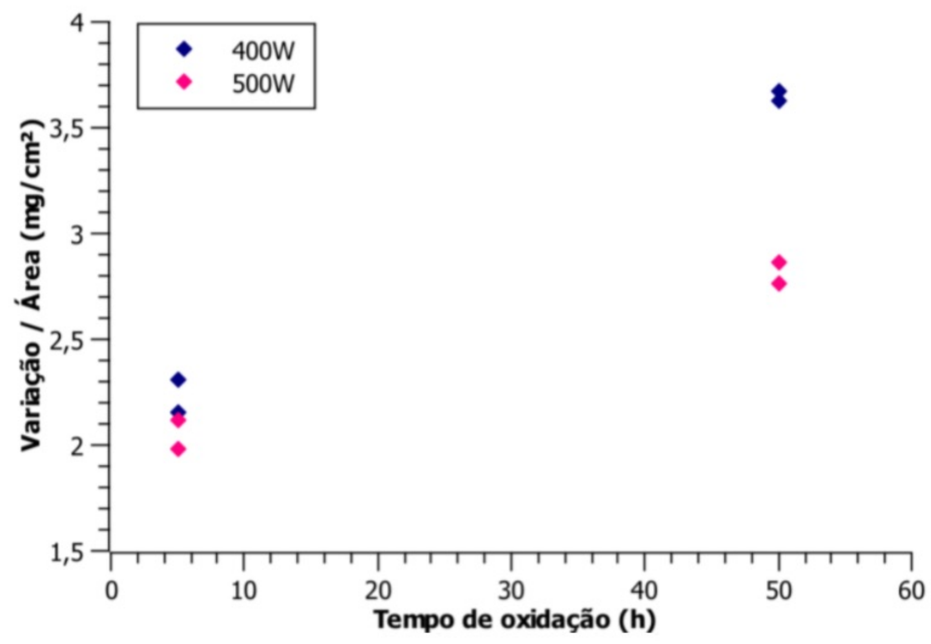


Figura 2: Variação de massa por unidade de área em função do tempo de oxidação isotérmica a 900 °C (400 W e 500 W).

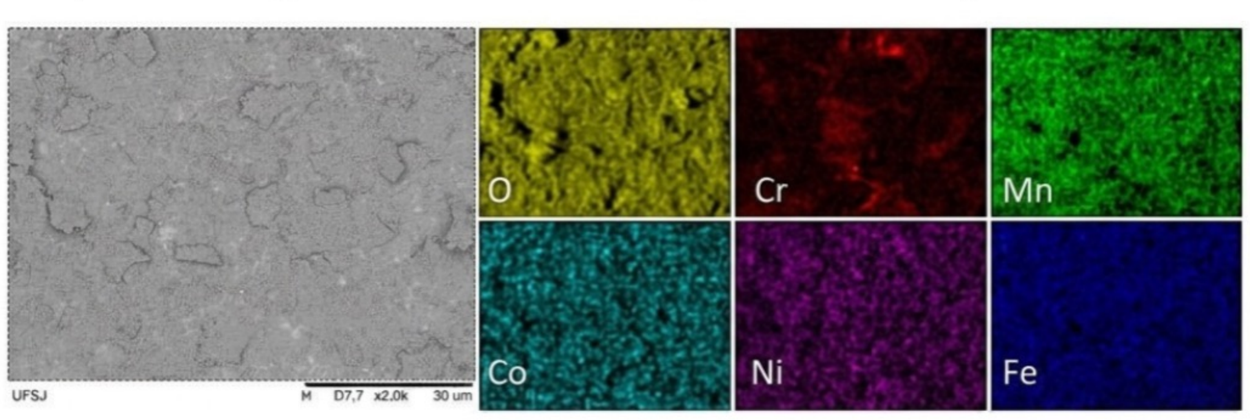


Figura 3: Mapeamento elementar por MEV/EDS.

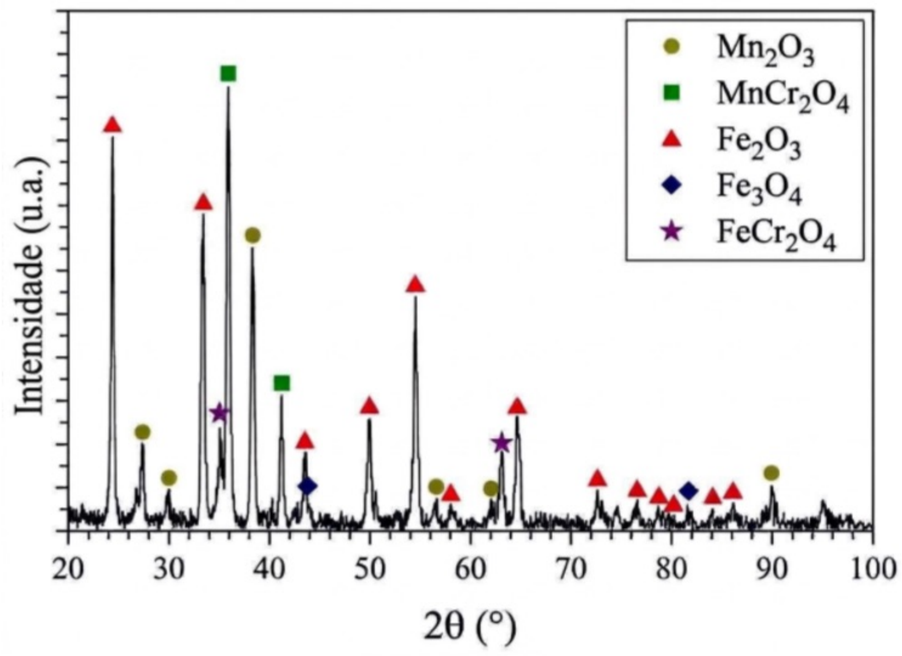


Figura 4: Difratograma de raios X dos produtos de oxidação formados a 900 °C.

Conclusões

A potência de laser de 500 W conferiu melhor desempenho frente à oxidação isotérmica a 900 °C até 50 h em comparação à condição de 400 W. A oxidação da liga CoCrFeMnNi promove a formação externa de óxidos de manganês e ferro e espinélios ricos em cromo $MnCr_2O_4$ e $FeCr_2O_4$. Exposições prolongadas de 100 h induzem tensões críticas que provocam o destacamento parcial dos óxidos formados.

Referências e Agradecimentos

1. KIM, Y.-K. et al. High temperature oxidation behavior of Cr-Mn-Fe-Co-Ni high entropy alloy. Intermetallics, v. 98, p. 45-53, jul. 2018
2. 2. KOVALENKO, E. et al. Microstructure and Mechanical Properties of High-Entropy Alloy FeCoNiCr(X) Produced by Laser Directed Energy Deposition Process: Effect of Compositional Changes. Metals, v. 15, n. 1, p. 26, 2024.
3. 3. CANTOR, B. et al. Microstructural development in equiatomic quaternary and quinary alloys. Materials Science and Engineering: A, v. 375, p. 213-218, 2004.

CAPES mec pet FAPEMIG UFSJ Universidade Federal de São João del-Rei CNPq OCA Oxidation and Corrosion Analysis