

IIId08-059

Efeito da adição de 2 %-at. Nb na microestrutura e nas propriedades mecânicas de compressão de ligas Ti-Si-B produzidas por moagem de alta energia e spark plasma sintering

Ramos, A.S.(1); Ferreira, R.L.(2); Boldrin, M.A.(2); Chaia, N.(2); Filgueira, M.(3); Silva, G.(4);
 (1) UNIFAL; (2) UNIFEI; (3) UENF; (4) Universidade Federal de Alfenas;

O efeito da adição de 2%-at. Nb na microestrutura e nas propriedades de compressão de ligas Ti-Si-B foi avaliado a partir da moagem de alta energia (180 min) e subsequente spark plasma sintering (sob vácuo, à 1150°C por 15 min, 20 Mpa, em matriz de grafite) das misturas de pós de (97-x)Ti-xNb-2Si-1B, (91-x)Ti-xNb-6Si-3B e (85-x)Ti-xNb-10Si-5B ($x = 0$ e 2 %-at.). Parafina vegetal (5 %-massa) foi usada para minimizar a aderência excessiva entre os pós dúcteis. As seguintes técnicas foram usadas para caracterizar as misturas moídas e/ou as amostras sinterizadas: granulometria por difração a laser, análise térmica, difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura, espectrometria por energia dispersiva, ensaios de compressão e microdureza Vickers. Parafina vegetal, Ti-? e Si foram identificados nos difratogramas de raios X dos pós-moídos de Ti-Nb-Si-B. Sua adição foi eficiente para minimizar a aderência excessiva de pós durante a moagem. Análises de granulometria por difração a laser dos pós-moídos de Ti-Si-B indicaram valores de D10, D50 e D90 entre 43,8-47,8 μ m, 65,7-85,5 μ m e 110,9-144,5 μ m, e entre 43,3-52,1 μ m, 67,9-88,9 μ m e 117,0-152,1 μ m em pós-moídos de Ti-Nb-Si-B, respectivamente, indicando que quantidades maiores de partículas finas foram encontradas em amostras mais ricas em Si e B mediante maior ocorrência de mecanismos de fratura durante a moagem. Curvas de DSC dos pós moídos indicaram a presença de picos endotérmicos em temperaturas entre 200 e 300°C, que foram relacionados com a decomposição da parafina vegetal durante aquecimento. Independente da adição de Nb, os resultados indicaram a presença da fase Ti₆Si₂B em amostras sinterizadas, além de outras fases como Ti₅Si₃ e TiB, o que está relacionado com o tempo curto de sinterização adotado (15 min) e necessário para a difusão atômica. Nestas amostras, foram também notadas regiões com Fe e C, incorporadas do vaso/esferas de moagem e da parafina vegetal, respectivamente. Como esperado, a intensidade dos picos de Ti₆Si₂B aumentou em ligas mais ricas em Si e B. Os ensaios de compressão das ligas Ti-Si-B indicaram que os valores médios do módulo de Young, tensão de escoamento, limite de resistência à compressão, tensão de ruptura, deformação normal, resiliência e tenacidade do material variaram entre 21,9-24,4 GPa, 1068-1143 MPa, 1351-1641 MPa, 1234-1566 MPa, 1,18-2,05 mm, 35,5-39,2 J/m³ e 126,5-271,9 J/m³, respectivamente. Em ligas Ti-Nb-Si-B, esses valores ficaram entre 18,2-23,5 GPa, 800-1061 MPa, 957-1429 MPa, 869-1371 MPa, 1,02-2,12 mm, 29,6-37,3 J/m³ e 89,3-246,1 J/m³, respectivamente, indicando que a adição de Nb reduziu esses valores. Ligas Ti-Si-B exibiram valores médios de microdureza Vickers entre 355,9 e 401,9 HV, enquanto que as ligas Ti-Nb-Si-B variaram de 324,9 a 390,4 HV. Os valores de resistência mecânica à compressão e de microdureza Vickers foram aumentados para ligas Ti-Si-B mais ricas em Si e B devido a maior quantidade de Ti₆Si₂B presente na microestrutura das ligas.