

RESUM

Els intermetàl·lics TiAl han demostrat tindre un excel·lent comportament a alta temperatura, però, el seu processat per a l'obtenció de recobriments no és senzill degut al seu alt punt de fusió, d'altra banda el plaquejat làser coaxial promet ser una excel·lent eina per a l'obtenció de recobriments per solapament de cordons, aconseguint la completa fusió i deposició de aliatges amb elevat punt de fusió sobre superfícies amb forma complexes. En aquesta tesi s'ha estudiat els paràmetres de processament làser coaxial i el preescalfament del substrat per aconseguir recobriments amb intermetàl·lic Ti₄₈Al₂Cr₂Nb sobre làmines de Ti6Al4V de 3 mm de espessor, amb la finalitat de millorar el comportament tribològic, d'oxidació i de corrosió de l'aliatge Ti6Al4V. De l'anàlisi geomètric i de dilució química dels cordons obtinguts amb diversos nivells en les variables de processat làser es va aconseguir identificar combinacions que minimitzen defectes com esquerdes, alta dilució i relació d'aspecte inadequades. S'ha trobat una relació directa entre la velocitat de refredament i els paràmetres del procés làser coaxial, tal com la quantitat de pols aportat i la velocitat de passada. D'aquesta manera el procés ha estat optimitzat minimitzant la velocitat de refredament amb la disminució de la velocitat de passada. D'aquesta anàlisi s'ha seleccionat com a temperatura adequada de preescalfament 350 °C i s'han obtingut recobriments amb un 40% de solapament, utilitzant paràmetres de procés que generen energies específiques aportades pel làser de 70, 80, 90 i 180 J/mm², els quals han estat avaluats mitjançant microscòpia òptica (MO), microscòpia electrònica de rastreig (MER), difracció de raigs X (DRX), microduresa Vickers (HV) i nanoindentació. La microestructura dels recobriments es compon de fases γ -TiAl i α_2 -Ti₃Al.

El preescalfament del substrat ha permès l'obtenció de recobriments amb bona unió metal·lúrgica, tot i que s'observen per a algunes condicions esquerdes i porus. S'observa que la variació en la composició química de la superfície del recobriments al substrat és l'esperada, amb baixa dilució del vanadi. La duresa dels recobriments obtinguts és més alta que la del substrat, i en els assajos de flexió es va observar que els recobriments tenen bona adherència però limitada ductilitat. El comportament tribològic dels recobriments mostra que en els assajos de desgast a temperatura ambient s'obté una taxa de desgast menor per part dels recobriments comparats amb el substrat. Per al cas d'alta temperatura, els recobriments presenten un menor coeficient de fricció, però, s'obté una major taxa de desgast quan es compara amb el substrat. Dels assajos d'oxidació isotèrmica es va observar que els recobriments tenen bona resistència a l'oxidació en aire a 800°C, al comparar-los amb el substrat, arribant a obtenir capes d'òxids de fins a 12 micres de gruix a 150 hores d'oxidació. L'estructura de les capes d'òxids és complexa i comprèn el creixement de capes successives a partir de la superfície externa del recobriments. També s'ha estudiat el comportament a corrosió electroquímica dels recobriments obtinguts. Els resultats indiquen que el plaquejat làser coaxial pot ser una bona alternativa per a l'obtenció de recobriments amb intermetàl·lic TiAl, obtenint recobriments densos, amb bona unió al substrat i mínims defectes, que milloren el comportament davant l'oxidació i el desgast de l'aliatge Ti6Al4V.

Paraules clau: TiAl, revestiment làser, recobriments, Ti6Al4V, desgast, oxidació.

ABSTRACT

TiAl intermetallic have demonstrated excellent behavior at high temperature, however, the processing for producing coatings is not easy due to its high melting point, otherwise the coaxial laser cladding process promise to be an excellent tool for obtaining extensive overlapping coatings, achieving complete fusion and deposition of alloys with high melting point on surfaces with complex shape. In this work we study the parameters of coaxial laser process and preheating the substrate to achieve Ti₄₈Al₂Cr₂Nb intermetallic coatings on Ti₆Al₄V sheet 3 mm thick, in order to improve the tribological, oxidation and corrosion behavior of the Ti₆Al₄V alloy. The geometrical and chemical dilution analysis of the single tracks obtained at different levels in the laser processing variables were able to identify combinations that minimize defects such as cracks, high dilution and inadequate aspect ratio. It found a direct relation between the cooling rate and the coaxial laser process parameters such as the powder feeding rate and scanning velocity. Thus the process was optimized by minimizing the cooling rate with decreasing the velocity. After this was selected as appropriate preheating temperature 350 °C and were obtained coatings with 40% overlap, using process parameters which generate laser specific energy of 70, 80, 90 and 180 J/mm², then they have been evaluated by optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), Vickers micro-hardness (HV) and nanoindentation. The microstructure of the coatings consists γ -TiAl phase and α_2 -Ti₃Al.

Preheating the substrate has allowed obtaining coatings with good metallurgical bond, although cracks and pores are observed for some conditions. It is noted that the expected variation in chemical composition from coating surface to the substrate was found, with low dilution of vanadium. The hardness of the TiAl laser coatings is higher than the substrate and the bending tests results shown that the coatings have good adhesion but with limited ductility. The tribological properties of the coatings shows that in the wear tests at room temperature a lower wear rate is obtained compared to the substrate. In the case of high temperature, the coatings have a lower coefficient of friction; however, a higher wear rate is obtained when compared with the substrate. The coatings have good resistance to oxidation evaluated by isothermal oxidation tests in air at 800 °C, when compared with the substrate, the thermal growth oxide up to 12 microns thick for 150 hours were obtained. The structure of the oxide layers is complex and comprises the growth of successive layers from the outer surface of the coating. We also studied the electrochemical corrosion behavior of the coatings obtained. The results indicate that the coaxial laser cladding can be a good alternative to obtain extensive TiAl intermetallic coatings, dense coatings with good substrate bonding and minimal defects were obtained, that improve the oxidation and wear behavior of Ti₆Al₄V alloy.

Keywords: TiAl, laser cladding, coating, Ti₆Al₄V, wear, oxidation.