

Capítulo

4

Conclusiones

Caracterización estructural: transformación de fase

- 1** La aleación de Ti-0,2Pd experimenta una transformación de fase α (h.c.) μ β (c.c.) que parece iniciarse a una temperatura cercana a los 750 °C y finalizar un poco por encima de 900 °C (β -transus).
- 2** A 750 y 800 °C la nucleación de la fase β se produce preferentemente en el interior de los granos de la fase α con un crecimiento del tipo Widmanstätten, mientras que a 850 °C tiene lugar de forma mayoritaria en las fronteras de grano.
- 3** La transformación martensítica que experimenta la fase β durante el tratamiento de temple se produce mediante diferentes tipos de crecimiento: a temperaturas entre 750 y 800 °C las agujas de fase β se transforman en una única placa de fase martensítica, a 850 °C la fase β presente en las fronteras de grano se transforma en placas entrecruzadas de fase α - γ y a partir de 900 °C se forman granos de fase α -con un crecimiento martensítico de tipo masivo.

Conclusiones

Cinética de crecimiento de grano

- 4 El crecimiento de grano se produce de forma uniforme, siguiendo una función asintótica en función del tiempo (Ecuación de Hu y Rath), siendo la cinética de crecimiento de grano en la fase β ($n = 0,25$; $E_a = 56$ kJ/mol) mucho más rápida en comparación con la fase α ($n = 0,15$; $E_a = 133$ kJ/mol).
- 5 La adición de paladio disminuye la movilidad del límite de grano dando una menor velocidad de crecimiento. Para la fase β la energía de activación aumenta desde los 20 kJ/mol para el titanio c.p. hasta 56 kJ/mol para el Ti-0,2Pd.
- 6 A 850 °C la rápida nucleación de β en las fronteras de grano bloquea el crecimiento de la fase α .

Propiedades mecánicas

- 7 El crecimiento de grano de la fase α , producido por tratamiento térmico a 750 y 800 °C, ocasiona una disminución de la resistencia a la tracción y del límite elástico.
- 8 El aumento del porcentaje de fase martensítica comporta un incremento en la resistencia a la tracción, el límite elástico y la dureza, así como una disminución de la deformación plástica ($R_{\text{tracción (fase } \alpha)} = 520$ MPa y $R_{\text{tracción (fase martensítica)}} = 650$ MPa).

Resistencia a la corrosión

- 9 La adición de paladio facilita el proceso de pasivación del titanio. En las muestras con una estructura bifásica $\alpha + \alpha'$ la fase martensítica reacciona de forma preferente durante el ataque químico.
- 10 La aleación Ti-0,2Pd presenta una notable resistencia al proceso de ataque por picaduras en soluciones de cloruros (potencial de picadura aproximado de 8,3 V), no apreciándose diferencias significativas en las muestras sometidas a diferentes tratamientos térmicos.
- 11 La concentración de iones titanio y paladio disueltos, después de 120 días de inmersión en una solución acuosa de NaCl al 0,9%, han sido en todas las muestras inferiores a 10×10^{-3} y $1 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{cm}^2$, respectivamente.

Resistencia al desgaste y tratamientos de superficie

- 12 El valor del coeficiente de fricción (μ) de la aleación Ti-0,2Pd es del orden de 0,50 no variando significativamente en función de los tratamientos térmicos realizados.
- 13 El proceso de nitruración por difusión de nitrógeno produce el endurecimiento de la aleación debido a la formación de una fina película superficial de nitruros de titanio y a la disolución del nitrógeno en la fase α , con incrementos de dureza superficial de hasta 5 veces en comparación con el material no tratado. Este incremento de dureza comporta la reducción del coeficiente de fricción hasta valores de 0,20, notablemente inferiores respecto a las muestras sin nitrurar, lo que supone una mejora de la resistencia al desgaste del material.

Conclusiones

- 15** La deposición de recubrimientos de TiN y (Ti,Al)N mediante la técnica CAPD comporta la creación de una capa superficial con una elevada dureza y una disminución del coeficiente de fricción, si bien, se observan problemas de adherencia como resultado de la elevada diferencia de propiedades mecánicas existentes entre el recubrimiento y el sustrato.
- 16** El endurecimiento previo de la aleación Ti-0,2Pd mediante nitruración gaseosa, permite mejorar la adherencia de los recubrimientos de TiN y (Ti,Al)N sobre el sustrato.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, puede proponerse la aleación Ti-0,2Pd templada a temperaturas entre 850 y 900 °C, como una alternativa al Titanio c.p. en el campo de los biomateriales debido a su mejor comportamiento tanto mecánico como químico. Así por ejemplo, puede ser de interés su aplicación en el campo de los implantes dentales y equipamiento odontológico, en el cuales las condiciones medioambientales son altamente agresivas y en las que también pueden darse problemas de corrosión por resquicios.

Por otra parte, en aquellas aplicaciones en que actualmente se está empleando la aleación Ti-6Al-4V, tendrá que evaluarse si las propiedades que presenta la aleación Ti-0,2Pd son suficientes para garantizar su buen comportamiento en servicio, valorando también que su mejor resistencia a la corrosión supone una mayor estabilidad durante largos periodos de tiempo. También se ha de tener presente que el empleo de la aleación Ti-0,2Pd evita la eliminación de iones tóxicos como el Aluminio o el Vanadio y por consiguiente mejora la biocompatibilidad del implante.

Finalmente, en aquellos casos en que el material se vea sometido a fricción, el proceso de endurecimiento superficial por nitruración gaseosa puede ser un método apropiado para mejorar la resistencia al desgaste del implante.