

RESUMEN

La estrategia de la Unión Europea es promover la salud en una población con una elevada esperanza de vida y junto a la necesidad de reducir el gasto sanitario, obligan al desarrollo de aleaciones de titanio y tratamientos superficiales que incrementen el ciclo de vida de los implantes y reduzcan los tiempos de hospitalización.

Las aleaciones de titanio beta con un acabado superficial a escala nanométrica se postulan como una alternativa viable para mejorar la biocompatibilidad de las actuales prótesis. La reducción del módulo elástico, mediante la incorporación de un alto contenido de elementos refractarios, mejora la compatibilidad mecánica con el hueso y reduce la problemática de reabsorción ósea que provoca el fallo de la prótesis tras largos periodos de implantación. Los procesos de oxidación anódica están centrando el interés de los investigadores, en el campo de los acabados superficiales, porque permiten dotar a las aleaciones de titanio de una topografía nanotubular. Esta modificación superficial incrementa el área superficial específica, modifica la composición química y la fase cristalina de los óxidos presentes en la superficie. Todo ello, tiene un impacto directo en la resistencia a la corrosión y la liberación de iones de las aleaciones de titanio. Estos factores influyen en el crecimiento y la diferenciación celular, acelerando el proceso de regeneración del hueso y mejorando a corto y largo plazo la tasa de osteointegración de los implantes.

En esta tesis doctoral se propone el desarrollo del proceso de anodizado electroquímico para la obtención de un recubrimiento nanotubular en las aleaciones de titanio beta. Su objetivo principal es la caracterización del recubrimiento superficial con topografía nanotubular en las aleaciones titanio β para aplicaciones biomédicas.

Se ha evaluado el efecto que presenta la temperatura máxima de sinterizado y el tamaño de partícula del polvo de niobio en la porosidad, microestructura y propiedades mecánicas de las aleaciones pulvimetalúrgicas de Ti35Nb10Ta. Se ha estudiado la morfología, composición química, estructura cristalina, rugosidad, mojabilidad y resistencia a la corrosión de los recubrimientos nanotubulares en la aleación beta de origen pulvimetalúrgico. Este mismo estudio se ha replicado en la aleación biomédica de colada Ti6Al4V ELI. Su objetivo ha sido poder comparar los resultados obtenidos en la aleación pulvimetalúrgica con una aleación de titanio empleada en la actualidad para la fabricación de implantes.

Para la caracterización microestructural se ha utilizado la microscopía óptica, la microscopía electrónica de barrido, la espectroscopía de energías dispersivas de rayos X, la difracción de rayos X y un sistema de detección por infrarrojos, para determinar la porosidad residual, la distribución de fases, la homogeneidad química, identificar las fases y cuantificar el

contenido de oxígeno presente en la aleación Ti35Nb10Ta de origen pulvimetalúrgico. El estudio microestructural del recubrimiento con morfología nanotubular se ha realizado empleando la microscopía electrónica de barrido de emisión de campo, la espectroscopía de energías dispersivas de rayos X, difracción de rayos X y la microscopía de transmisión de electrones.

El efecto del proceso de anodizado electroquímico, empleado para la obtención de la topografía nanotubular, sobre la rugosidad superficial se evaluó empleando un microscopio confocal. La mojabilidad de los diferentes acabados superficiales se evaluó empleando un goniómetro óptico. La medición de los ángulos de contacto, de los diferentes líquidos patrón, ha permitido calcular la energía libre superficial en función del acabado. La caracterización electroquímica, mediante OCP/EIS/ensayos potenciodinámicos empleando un electrolito de 1M NaCl, ha permitido conocer la resistencia a la corrosión de las aleaciones de titanio en función de su tratamiento superficial y su naturaleza.

Los resultados obtenidos muestran que la reducción del tamaño de partícula de los polvos refractarios y el incremento de la temperatura máxima de sinterizado, reduce la porosidad residual e incrementa las propiedades mecánicas de la aleación pulvimetalúrgica de Ti35Nb10Ta. El proceso de anodizado electroquímico, empleando el electrolito compuesto por 1M H₃PO₄ y 0,8% en peso de NaF, ha permitido obtener una topografía nanotubular en la aleación de Ti35Nb10Ta. La aplicación de un tratamiento térmico, posterior al anodizado, reduce el contenido de flúor presente en el óxido con topografía nanotubular y estabiliza la estructura cristalina del óxido de titanio en las aleaciones β pulvimetalúrgicas. El proceso de anodizado electroquímico, para la obtención de un recubrimiento nanotubular en las aleaciones de Ti35Nb10Ta, incrementa la rugosidad superficial. La topografía nanotubular incrementa el ángulo de contacto y la energía superficial de las aleaciones de titanio. La irradiación con luz ultravioleta modifica a hidrofílico el comportamiento hidrofóbico de las superficies nanotubulares de titanio. La resistencia a la corrosión del acabado superficial de nanotubos, sin tratamiento térmico, es menor que el resto de los acabados superficiales estudiados por su incremento del área superficial relativa. El tratamiento térmico realizado a las superficies nanotubulares estabiliza las fases cristalinas (anatasa y rutilo) del óxido de titanio e incrementa la resistencia a la corrosión de las aleaciones de titanio.

Por último, para poder introducir la pulvimetalurgia y el acabado superficial nanotubular en el campo de los biomateriales se necesita seguir investigando en subprocesos que mejoren la homogeneidad química/microestructural, sus propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión, así como cuantificación del grado mejora de la biocompatibilidad de estos nuevos acabados superficiales.