

EL TITANIO Y SUS POTENCIALIDADES COMO BIOMATERIAL

MSc. Bárbaro Luis Peña Rodríguez¹, Dr. C. Orestes González Quintero¹, Ing. Erián Cruz González¹, Ing. Yordany Reyes Cruz¹, MSc. Omar López Armas¹

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. barbaro.penya@umcc.cu



CD de Monografías 2016
(c) 2016, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

RESUMEN.

En el presente trabajo se realiza una síntesis de un grupo de contenidos sobre el campo de utilización del titanio en aplicaciones biomédicas, con el objetivo de crear las bases para el estudio del mejoramiento de las propiedades del titanio mediante el la aplicación de la Deformación Plástica Severa. La monografía cuenta con aspectos básicos sobre las características y mejoramiento de las propiedades. Se presentan un grupo de elementos que permitirán tomar decisiones sobre el posible empleo del titanio, los procedimientos de mejoramiento de sus características, la influencia de los elementos de aleación, su aplicación y otros aspectos de importancia.

Palabras claves: titanio y sus aleaciones, biomateriales, bioingeniería, estructura ósea, osteosíntesis, Implantes.

INTRODUCCIÓN

El titanio y sus aleaciones se encuentran dentro del grupo de materiales con mejores propiedades en cuanto su biocompatibilidad. Desde el punto de vista de las propiedades mecánica se destacan su elevada resistencia y tenacidad, cuando se compara con otros materiales como son los polímeros y los cerámicos. Las razones anteriormente expuestas son razones básicas que colocan al titanio y sus aleaciones en una posición ventajosa en ciertas aplicaciones estructurales, como las prótesis articulares, placas de osteosíntesis, tornillos de fijación e implantes dentales, entre otras.

La cualidad más importante del titanio y sus aleaciones es que son materiales bioaceptables; lo que quiere decir que presenta buena compatibilidad con los diferentes tejidos del cuerpo. Uno de los factores que influyen en el alto nivel de compatibilidad es la resistencia a la corrosión que presenta este material en el ambiente generado por los fluidos del cuerpo humano, los cuales presentan un elevado PH. La corrosión tiene dos efectos negativos interrelacionados entre sí, el deterioro de del material de la pieza y la contaminación del cuerpo humano. El deterioro de pieza provoca la disminución de la resistencia mecánica y fayas en la unión pieza- estructura ósea. La contaminación del cuerpo humano provoca procesos de reacción que culminan con el rechazo y la necesidad de realizar intervenciones quirúrgicas para retirar los elementos de implantes o elementos de osteosíntesis.



En el trabajo se presentan datos sobre la utilización del titanio, sus características generales, transformaciones de fase, influencia de las impurezas y elementos de aleación, estructura cristalina, propiedades mecánicas y químicas y otros aspectos de interés.

Con la presente monografía se pretende plasmar contenidos que son el resultado de una revisión bibliográfica preliminar, los cuales permitirán relacionar las propiedades del titanio y las potencialidades como material bioingenieril. De esta forma se sentarán las bases para el estudio del mejoramiento de las propiedades del titanio usado con fines biomédicos.

DESARROLLO

Características generales del Titanio.

En la Tabla Periódica de Elementos Químicos se clasifica al Titanio como un metal que pertenece al grupo de transición. En este grupo se encuentran los elementos situados en la parte central de esta tabla, concretamente en el bloque d. El titanio es un metal de color blanco plateado, con densidad relativamente pequeña ($4,5 \text{ g/cm}^3$), temperatura de fusión elevada ($1672 \text{ }^\circ\text{C}$) y excelentes propiedades mecánicas cuando se encuentra aleado con otros elementos o se le aplican procedimientos de mejoramiento de las propiedades (Guliaev, 1978).

Transformaciones alotrópicas del Titanio.

En la literatura clásica (Lajtin, 1983) queda registrado que el titanio posee dos transformaciones alotrópicas que están en dependencia de temperatura aplicada al material. Una de las modificaciones es el titanio α que posee una red cristalina hexagonal con $a=2,9503 \text{ kX}$ (dimensión de las arista de la base del hexágono) y $c=4,8631 \text{ kX}$ (altura del hexágono), esta transformación se logra hasta la temperatura de $882 \text{ }^\circ\text{C}$. A una temperatura superior a los $882 \text{ }^\circ\text{C}$ aparece la modificación de titanio β con una red cubica centrada con $a=3,3132 \text{ kX}$ (dimensión de las aristas de cubo). En la figura 1 se muestra la red hexagonal (figura 1. a.) y cubica centrada (figura 1. b.).

Influencia de las impurezas y los elementos de aleación en el Titanio.

El titanio se puede encontrar ligado a otros elementos químicos, en su estado natural, estos elementos van a tener una influencia directa en la calidad del material obtenido. En los procesos de obtención de materiales utilizados con fines industriales el titanio puede mezclarse con elementos que constituyen impurezas por los efectos desagradables que generan y con elementos de aleación que mejoran en gran medida sus propiedades (Lajtin, 1983).



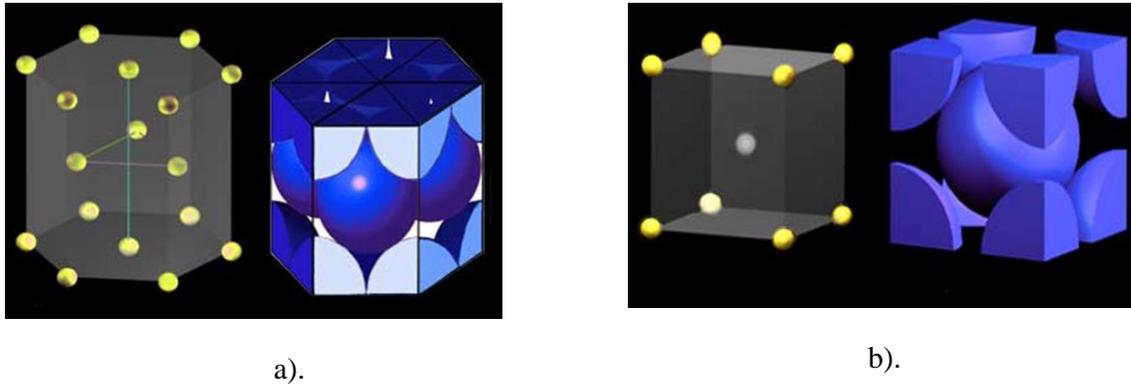


Figura 1. Redes cristalina que componen al titanio a) titanio α , red hexagonal b) titanio β , red cúbica centrada.

Influencia de las Impurezas.

El nitrógeno, carbono, oxígeno y el hidrógeno son las principales impurezas que afectan al titanio. El nitrógeno y el oxígeno aumentan la solidez del material, pero disminuyen notablemente la plasticidad del mismo. El carbono por su parte, en cantidades superiores al intervalo de 0,1 a 0,15 %, provoca una disminución de la forjabilidad y la capacidad de elaboración por corte. La soldabilidad del titanio y sus aleaciones se ve afectada por la presencia no controlada del carbono. El material, anteriormente mencionado, se ve afectado negativamente por el hidrógeno, este provoca una fuerte sensibilidad a la entalladura, el efecto que provoca se denomina fragilidad hidrogenada del titanio (Guliaev, 1978).

.Influencia de los Elementos de Aleación.

Las aleaciones de titanio poseen mejores propiedades mecánicas que el titanio puro, la resistencia al arrastre, el límite de fatiga y la resistencia a la corrosión son superiores en las aleaciones de titanio que en el material puro. Es por esa razón que las aleaciones han alcanzado mayor empleo en las aplicaciones bioingenieriles (Elias et. al., 2013). El titanio usado en aplicaciones biomédicas se combina principalmente con el aluminio y el vanadio, estos elementos de aleación mejoran considerablemente sus propiedades.

Según Callister (1999) el vanadio puede ser aleado con titanio α y β , formado una solución sólida de sustitución que aumenta el límite de rotura pero disminuye la plasticidad. Por otra parte, disminuye la transformación de fase α a β y ensancha la zona de existencia de la fase β . El vanadio es considerado como un estabilizador β . El aluminio es considerado, por el mismo autor, como un elemento importante para elevar la temperatura de transformación de fase del material, este elemento químico se denomina estabilizador de fase α y el efecto que provoca es el ensanchamiento de la fase α en el diagrama de estado.



Las aleaciones a base de titanio β no tienen aplicación ingenieril debido a que sus propiedades dependen en gran medida de las impurezas que afectan directamente el proceso de producción. Las aleaciones con estructura $\alpha + \beta$ y α son las que se emplean con estos fines. Las aleaciones a base de titanio α presentan buena soldabilidad, plasticidad normal y permiten una adecuada elaboración por corte. Las de base $\alpha + \beta$ cuentan con altas propiedades mecánicas y plasticidad aceptables (Guliaev, 1978).

Propiedades tecnológicas del titanio y sus aleaciones.

El titanio posee un comportamiento adecuado ante los procesos de elaboración mecánica. En algunos casos superior que otros materiales de uso común. Este material acepta la elaboración por presión en frío y en caliente. Presenta características excelentes de para la soldadura al arco de argón o helio. La maquinabilidad por corte de este material es un parámetro que se encuentra en un nivel relativamente bajo si se compara con el acero (Askeland, 2008).

Propiedades anticorrosivas.

En la superficie del titanio se forma una resistente capa delgada de óxido que incrementa notablemente la resistencia a la corrosión, algunas aleaciones de titanio son sometidas a diferentes procedimientos con el objetivo de generar una película de óxido resistente a los fluidos biológicos, los cuales poseen un componente de ácidos que los vuelven corrosivos. Las aleaciones de titanio presentan buena compatibilidad con el cuerpo humano debido, precisamente, a las propiedades anticorrosiva que presenta la película de óxido de titanio (Callister, 1999).

Influencia de los elementos de aleación en los materiales bioingenieriles.

El titanio es utilizado con gran frecuencia en la construcción de implantes y de elementos para la osteosíntesis ortopédica y maxilofacial. Según Reig (2009) los materiales metálicos con fines bioingenieriles están basados en aleaciones de hierro, cobalto y titanio. Los elementos de aleación están disueltos como soluciones sólidas y les proporcionan mejoras ante la corrosión, el desgaste y en propiedades mecánicas en sentido general. Este autor plantea que: algunos elementos en estado puro, como el cobalto, el níquel o el vanadio, son en general tóxicos y en muchas ocasiones producen reacciones alérgicas. Pero sin embargo, estando aleados como soluciones sólidas la cantidad de iones que se liberan en el medio fisiológico es insignificante y por tanto no suponen riesgo. El titanio usado en aplicaciones biomédicas se combina principalmente con el aluminio y el vanadio, estos elementos de aleación mejoran considerablemente sus propiedades.

Características de los materiales utilizados en implantes.

Según Reig (2009) la gran diversidad de factores intervinientes provocan que en el diseño de un implante deben ser tenidos en cuenta diversos aspectos tales como:



- **Seguridad biológica:** No generar reacciones dañinas al interactuar con el cuerpo humano.
- **Biofuncionalidad:** el diseño y propiedades de los materiales deben adecuarse a cada uso en específico.
- **Respuesta apropiada de los tejidos:** La integración de un elemento ajeno al cuerpo humano, genera reacciones (fisiológicas y biológicas) por lo que la compatibilidad del implante con los tejidos y los fluidos del cuerpo resulta de vital importancia.
- **Propiedades mecánicas:** Resulta fundamental que la rigidez del implante sea lo más semejante posible a la de hueso con el fin de regenerar un hueso sano y saludable estimulando las células de producción de hueso nuevo (osteoblastos).
- **Resistencia a la fatiga:** A diferencia del hueso que se remodela, los implantes generalmente fracasan por fatiga en el tratamiento de fracturas óseas.
- **Resistencia a la corrosión:** en los implantes resulta de gran importancia la liberación de los productos de corrosión a los tejidos biológicos por lo que se utilizan metales pasivos y nobles.

Compatibilidad de los implantes con el cuerpo humano.

La mayoría de los factores que condicionan el diseño de los implantes se engloban dentro de un único concepto: “biocompatibilidad” entendiéndose como tal la habilidad del componente para permanecer en una situación específica con una buena respuesta por parte de huésped. Dentro de este concepto, pueden definirse distintas categorías de materiales en función de la interacción entre el implante y el tejido humano (Reig, 2009).

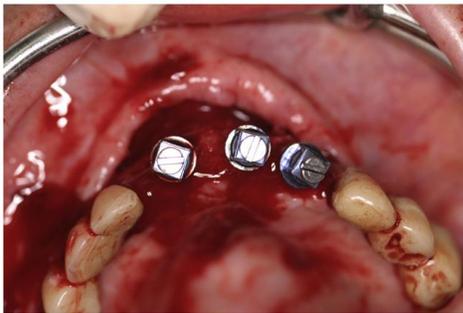
- **Incompatibles:** Aquellos que generan sustancias tóxicas pudiendo provocar desde simples alergias, hasta la no asimilación por parte del individuo.
- **Biocompatibles:** Aquellos que generan sustancias pero en concentraciones no tóxicas.
- **Bioinertes:** Aquellos que no generan partículas tóxicas.
- **Bioactivos:** aquellos que presentan una interacción positiva con los tejidos circundantes, formándose una unión química en la interfaz entre ambos.

El titanio en particular es uno de los metales biocompatibles y cumple con los requerimientos principales para ser un material utilizado con fines médicos. Una de las aplicaciones más utilizadas en la medicina ortopédica y maxilofacial son los implantes, tanto superficial como interno en distintas partes del cuerpo como cabeza, articulaciones y uniones por fracturas.



Utilización del titanio en aplicaciones biomédicas, Ti (grados 1-4) vs Ti6Al4V.

La aplicación principal del titanio comercialmente puro (grados 1-4) fue en injertos dentales (figura 2. a). Este metal no era, sin embargo, usado para aplicaciones ortopédicas (figura 2.b) debido a que sus propiedades mecánicas eran bajas. El enfoque de la utilización del titanio (grado 2) en implantes dentales varía a partir de la obtención de estructura cristalina con grano ultrafino (UFG Ti), obtenido por el proceso de Deformación Plástica Severa. Lo anteriormente expuesto permitió evaluar las resientes propiedades del titanio nanoestructurado, en particular la resistencia, la cual puede aproximarse y superar la de la aleación Ti6Al4V, normalmente utilizada para implantes de alta resistencia estructural (Elias et. al., 2013).



a)



b)

Figura 2. Utilización del titanio en implantes y miniplacas maxilofacial. a) Implante dental de Titanio con Grano Ultrafino. b) Fijación con miniplacas de titanio (Ti6Al4V).

El titanio con grano ultrafino como biomaterial.

Elias et. al., (2013) plantea que: la razón fundamental para utilizar las aleaciones de titanio es que poseen resistencia mecánica superior cuando se compara con la del Titanio Comercialmente Puro. Una de las motivaciones para el desarrollo de titanio con grano ultrafino es sustituir las aleaciones de titanio y eliminar la toxicidad que puede producir los elementos aleación. La reducción del tamaño del grano en el titanio comercialmente puro, empleando la Deformación Plástica Severa, hace posible elevar los niveles de resistencia comparables con los de las aleaciones de titanio y esto justifica la sustitución de las aleaciones de titanio por el cp Ti UFG.

CONCLUSIONES

- El titanio es un material con grandes potencialidades para la fabricación de implantes y placas para osteosíntesis ortopédica y maxilofacial.



- Con la aplicación de los procedimientos de la Deformación Plástica Severa se puede obtener titanio comercialmente puro con grano ultrafino, el cual puede garantizar la misma resistencia que el titanio aleado y disminuir la toxicidad emitida por los elementos de aleación del titanio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Askeland, R. (2008). *"Ciencia y energía de los materiales"*. América: 2da edición.
2. Callister, William D. *Materials Science and Engineering. An Introduction. Fifth Edition.* Department of Metallurgical Engineering. University of Utah. John Wiley & Sons, Inc., 1999. 8195 pp. ISBN 0-471-32013-7
3. Elias, C. N.; Meyers, M. A. ; Valiev, R. Z.; Monteiro, S. N. , 2013, " Ultrafine grained titanium for biomedical applications: An overview of performance". *Journal of Material Research and Technology*, [online], 4.
4. Guliaev, A P. "Metalografía". Tomo 2. Editorial Mir. Moscú. 1978. p 186 188.
5. Gil, F. J.; Ginebra, M. P.; Planell, J. A., 1999, " Metales y aleaciones para la sustitución de tejidos duros ". *Biomecánica*, [online], 13.
6. Lajtin, Y. M. "Metalografía y tratamiento térmico de los metales" Editorial Mir. Moscú. 1978. p 439.
7. Reig, L. (2009). *"Desarrollo de piezas de Ti6Al4V mediante técnicas pulvimetalúrgicas"*. Tesis de Doctorado. España, Valencia.

