

AVANCES EN INVESTIGACION FORMATIVA

Memorias del I Encuentro de Investigación Formativa, 2010

Universidad Pontificia Bolivariana



Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

Grupo de Investigación en Sistemas Aplicados en la Industria (GISAI)

2010

PRÓLOGO

Hablar de la investigación formativa en el entorno académico implica necesariamente hacer un ejercicio de reflexión e interiorización acerca de nuestro quehacer docente en aras de construir los pilares básicos del proceso investigativo desde el aula, es si se quiere, la posibilidad manifiesta del encuentro y desencuentro con el alumno y el docente en un permanente dialogo de saberes acerca de los múltiples objetos de estudio que tanto la realidad como la ciencia y la técnica nos convocan a problematizar desde nuestro claustro académico, es entonces, una imperiosa necesidad de abordar desde las pequeñas dudas hasta los complejos problemas la voluntad inquebrantable de la academia por formar en el hacer y en el pensar para servir a una sociedad ávida de soluciones que nos demanda día a día ingentes esfuerzos por vincularnos estrechamente a sus cotidianidades, es entonces hablar sobre el cómo volvernos y volver al otro y a lo otro con la clara vocación de seguimos sorprendiendo, extrañando y curioseando en nuestra permanente búsqueda de la verdad histórica que nos convoca hoy y siempre.

Siendo así, la Dirección de la Facultad de Ingeniería industrial a través de su **Grupo de Investigación Sistemas Aplicados en la Industria (GISAI)** de la Universidad Pontificia Bolivariana considerando importante y necesario dar a conocer ante la comunidad académica de nuestra universidad los resultados parciales y finales de los proyectos de aula en el marco del desarrollo de nuestro proceso de investigación formativa que actualmente adelanta la Escuela de Ingenierías y en específico la Facultad de Ingeniería Industrial, han realizado este nuestro **I ENCUENTRO DE INVESTIGACION FORMATIVA EN INGENIERIA INDUSTRIAL**.

Evento que conto con la participación activa de docentes, investigadores, estudiantes, egresados y comunidad en general para generar un diálogo de saberes donde se permita visualizar el quehacer investigativo desde nuestra aulas, donde tuvo asidero el debate, la sana critica y la confrontación respetuosa y dignificante de las ideas propias del fundamento investigativo y del espíritu crítico y científico de nuestra Universidad.

Colocamos entonces hoy a consideración de los lectores el resultado del trabajo en equipo y las publicaciones derivadas en forma de ponencias que fueron enviadas y presentadas en este **I ENCUENTRO DE INVESTIGACION FORMATIVA EN INGENIERIA INDUSTRIAL**.

Msc. Javier Darío Fernández Ledesma

Director Grupo de Investigación GISAI

Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Industrial

MATERIALES PARA LA FABRICACION DE IMPLANTES QUIRURGICOS CON APLICACIONES ORTOPEDICAS.

Jairo Narváz Salas

Docente: Bibiana Arango

Área: Gestión

RESUMEN

En este artículo se presenta una revisión acerca de cuáles son los materiales usados para la fabricación de implantes quirúrgicos, se comentan las pruebas experimentales que han realizado algunos científicos con el fin de determinar qué tipo de material es mejor en este oficio, luego se determina cuáles son los más comunes en el mercado y se caracteriza cuantitativamente la química y física de estos materiales.

INTRODUCCION

Dentro de los materiales usados para la fabricación de implantes ortopédicos, el titanio puro y sus aleaciones son reconocidos como materiales altamente biocompatibles, y su popularidad en la ortopedia y traumatología ha venido creciendo debido a sus propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión y compatibilidad con la resonancia magnética [10], de acuerdo con estas características [6] aseguran que aleaciones de acero inoxidable Cobalto –Cromo, y aleaciones de titanio Niobium-Niquel cumplen los requisitos para ser usadas en este tipo de trabajos, entre los cuales se consideran: implantes para columna [10], fijación de fracturas, tornillos para huesos, remplazo de articulaciones e implantes dentales [5, 6]. [8] investigaron materiales no aleados como el comercialmente puro Niobium y Tantalum, encontrando en ellos grandes propiedades electroquímicas y altos niveles de biocompatibilidad pero menor resistencia mecánica que el titanio y sus aleaciones.

Otras de las aleaciones de titanio consideradas para la fabricación de implantes con aplicaciones ortopédicas son las siguientes: Ti-6Al-4V [1, 5, 12], Ti-6Al-7Nb [8], Ti-45Ni [5], Ti-35Nb-7Zr-5Ta [11], Ti-10Mo, Ti-10Al-10Mo, Ti-5Al-15Mo [3]. Por otro lado, se considera al acero inoxidable austenítico 316 LVM como un material apto para aplicaciones biomédicas, particularmente para sustitución o reparación de huesos, gracias a que combina buenas propiedades mecánicas con una razonable biocompatibilidad, adicionalmente tiene bajo costo y fácil maquinado en comparación con otros materiales para implantes [7].

En este sentido el trabajo pretende obtener información que permita solicitar una cotización clara a proveedores de materiales para implantes quirúrgicos con aplicaciones ortopédicas. Lo cual se busca a través de objetivos específicos y progresivos como los siguientes:

Primero, identificar materiales aptos para fabricar implantes quirúrgicos, posteriormente definir y comparar dos de los materiales comercialmente más usados para la producción de implantes ortopédicos, luego Caracterizar química y físicamente los dos materiales más usados en la producción de implantes ortopédicos, y por último

Identificar estándares internacionales para los dos materiales más usados en la fabricación de implantes con aplicaciones ortopédicas.

PRUEBAS EXPERIMENTALES.

Las investigaciones han considerado en varias ocasiones que las aleaciones pueden aumentar la resistencia mecánica, pero a su vez influenciar negativamente la biocompatibilidad de los materiales por la posible liberación de elementos [8]. Sin embargo [1] afirman no haber encontrado ninguna liberación del titanio implantado en la tibia de conejos después de haber analizado su orina durante un año. En este sentido se encuentra que muchos estudios han examinado los problemas de deterioro en implantes ortopédicos a lo largo del tiempo, por lo cual se ha creado la necesidad de hacer técnicas experimentales para representar este deterioro y para remediarlo [12]. Las características más comunes en el estudio de los materiales para implantes quirúrgicos son el análisis de resistencia a la corrosión y el de las propiedades de resistencia mecánica. En el mismo contexto, [8] consideran que largos periodos de resistencia a la corrosión bajo fatiga mecánica son un parámetro fundamental para la caracterización completa de un material para implante. Y concluyen que las propiedades mecánicas de un material se perjudican cuando este se somete a fluidos corrosivos.

Con el fin de estudiar las propiedades corrosivas de un material se emplean soluciones salinas protegidas con fosfato o adicionadas a ácido láctico de $\text{PH}=5$, lo cual en conjunto se considera una solución que puede simular las condiciones del cuerpo humano [6, 8]. [10] concluyen que después de la inmersión en solución salina protegida con fosfato, la superficie del material que menos corrosión presenta es la del titanio en comparación con la del acero. Acorde a esto se estudia la posibilidad de realizar implantes mezclando acoples de titanio con acero, y se encuentra que en un ambiente corrosivo el acople no acelera significativamente la corrosión del acero inoxidable sino que induce con mayor probabilidad la corrosión del titanio [10]. En estos estudios se usó ultrasonido y rayos x para determinar los niveles de corrosión en el tiempo que presentaron los materiales sumergidos en un ambiente corrosivo que simula las condiciones del cuerpo humano, y se encontró que esta prueba de clase electroquímica puede ser mejorada usando técnicas potencio métricas y voltimétricas que ayuden a determinar cuál es la corrosión del material en diferentes medios que simulan fluidos corporales [6, 10]. [12] estudiaron acoples de acero inoxidable con polímeros y encontraron que la fricción entre estos dos materiales activa la probabilidad de corrosión del acero en un medio corrosivo artificial.

En la búsqueda de mejores materiales para uso en la fabricación de implantes ortopédicos, están en progreso estudios de resistencia a la corrosión del acero inoxidable 316LN (con nitrógeno) que según [12] muestra mejor resistencia a la corrosión que el SS316L con cobalto y cromo como compuestos. Continuando la búsqueda de un mejor material para el uso en implantes ortopédicos se encuentra al Ti-35Nb-7Zr-5Ta, reconocido por su porosidad en el acabado final, característica importante para la osteointegración dentro del cuerpo humano [11].

Haciendo referencia a los compuestos mencionados anteriormente se encuentra que las aleaciones de titanio que contengan molibdeno, vanadio y hierro, limitan la corrosión del material mientras este está en su fase alfa, y las que contienen aluminio hacen lo mismo cuando el material pasa por la fase beta, lo cual indica que las aleaciones actúan como estabilizantes del material en unas fases mejor que en otras [3].

Se anuncia que las infecciones siguen siendo la mayor complicación asociada con la cirugía de ortopedia y traumatología, por tanto se considera que el diseño, el material, y la técnica quirúrgica para ubicar el implante juegan un papel fundamental en la prevención de infecciones [9].

Considerando al titanio y su aleación Ti-6Al-4V como un material de éxito rotundo en implantes dentales y ortopédicos [1]. Y al acero inoxidable austenítico 316LVM como uno de los más usados para aplicaciones biomédicas [7], vemos que según [9] el acero presenta una incidencia de infección del 82%, mientras que el titanio del 52%. Al ser mayor la incidencia de infección al usar implantes de acero podríamos pensar que el titanio tiene mejores propiedades en cuanto a la resistencia a la corrosión. Adicional a esto debemos mencionar que “la resistencia a la corrosión es mayor en

implantes sólidos que en implantes huecos o canulados” [9]. En este punto también es preciso resaltar que el titanio posee una propiedad mecánica que le permite moverse como un cuerpo rígido dentro de los huesos debido a que su modulo de elasticidad 110 GP, es mucho mayor que el de un hueso común 18GP. Este movimiento coordinado disminuye la probabilidad de corrosión [2].

De este modo y considerando a estos últimos como los materiales más populares en el uso de aplicaciones biomecánicas, se abre otra línea de investigación que consiste en mejorar las características mecánicas de las superficies de los materiales a través de procesos adicionales como el denominado Sandblasting. Que según [4] consiste en un lavado con arena a presión a través del cual materiales como el titanio puro después de una exposición al proceso, obtienen una resistencia a la fatiga 10% superior a la de un titanio sin someter al proceso. Adicionalmente, en un artículo del 2008, [7] afirman que el proceso aplicado sobre acero inoxidable 316LVM produce una severa deformación plástica que es acompañada por el refinamiento de los granos o partículas de la superficie del material, consiguiendo con esta modificación de la superficie, una mejor resistencia a la fatiga para biomateriales sometidos a ambientes corrosivos [7, 8].

Caracterización.

Al tener al Ti-6Al-4V y al acero inoxidable austenítico 316LVM como los materiales más populares para aplicaciones biomédicas, es importante revisar sus características químicas y físicas con el fin de proporcionar una información clara a quienes se les solicite cotización. A continuación, en las tablas 1-4 se indica la composición química y las propiedades físicas de los dos materiales.

Elemento	% del peso
Carbón	0,03 máx.
Magnesio	< 2
Silicona	<1
Fosforo	<0,045
Azufre	<0,030
Cromo	17-19
Níquel	13-15
Molibdeno	2,25-3,5
Cobre	<0,08
Nitrógeno	<0,3
Hierro.	60,5-67,75

Tabla 1. Composición química del acero inoxidable austenítico 316LVM.

Característica	Valor
Resistencia a la tensión	600 - 800 MPa
Modulo de elasticidad	187,5 Gpa
Densidad	8 g/cc

Tabla 2. Propiedades físicas del acero inoxidable austenítico 316LVM.

Elemento	% del peso
Aluminio	5,5-6,75
Carbón	<0,08
Hidrogeno	<0,015
Hierro	<0,4
Nitrógeno	<0,03
otro	<0,05
Total otros	<0,3
Oxigeno	<0,2
Titanio	87,725-91
Vanadio	3,5-4,5

Tabla 3. Composición química de la aleación de titanio Ti6AL4V.

Característica	Valor
Resistencia a la tensión	830-900 Mpa
Modulo de elasticidad	114 Gpa
Densidad	4,43 g/cc

Tabla 4. Propiedades físicas de la aleación de titanio Ti6AL4V.

Estándares.

Existen organismos que han creado estándares para materiales con aplicaciones de implante quirúrgico, estos estándares garantizan que el producto pueda usarse sin problemas en este tipo de aplicaciones debido a que cumple todos los requisitos para tal fin. Con el ánimo de obtener una comunicación clara con los posibles proveedores de materiales biocompatibles, se ha consultado que tipo de estándar debe cumplir el acero inoxidable 316LVM y el Ti6Al4V para ser usado dentro de cuerpo humano. Encontrando que el primero debe estar bajo la norma ASTM F138, mientras que el segundo es considerado como titanio grado 5 y debe cumplir la norma ASTM F136. [13]

Consideraciones del autor

Dos de los materiales más usados para la fabricación de implantes quirúrgicos son el Ti6Al4V y el acero inoxidable 316LVM.

Los implantes de titanio tienen una incidencia de infección menor a la de los implantes de acero.

El sandblasting como tratamiento a la superficie de los materiales para implante mejora las propiedades de corrosión de los mismos.

El bajo contenido de carbono es fundamental para disminuir la probabilidad de corrosión en materiales sometidos a fluidos del cuerpo humano.

Realizar implantes con acoples entre titanio y acero no es común en la industria biomecánica.

El acero 316LVM puede someterse a fuerzas mayores que el titanio Ti6Al4V antes de deformarse.

El titanio Ti6Al4V resiste más a las fuerzas de tensión que el acero 316LVM.

El titanio Ti6Al4V es un material más frágil que el acero inoxidable 316LVM.

Las aleaciones de titanio no producen migración cuando se encuentran dentro del cuerpo humano.

Referencias

- [1] Bianco, P., Ducheyne, P., y Cucklers, J. (1996, Febrero). Titanium serum and urine levels in rabbits with a titanium implant in the absence of wear. *Departments of Bioengineering and 'Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [2] Branemark, R., y Skalak, R. (1998, Febrero). An in-vivo method for biomechanical characterization of boneanchored implants. *Medical Engineering & Physics*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.

- [3] González, J., y Rosca, M. (1999, Junio). Study of the corrosion behavior of titanium and some of its alloys for biomedical and dental implant applications. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [4] Jiang, X., Wang, X., Li, J., Manc, C., Shepard, M. y Zhai T. (2006, Abril). Enhancement of fatigue and corrosion properties of pure Ti by sandblasting. *Materials Science and Engineering*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [5] Kerrzo, M., Conroy, K., Fenelon, M., Farrel, S., y Breslin, C. (2000, September). Electrochemical studies on the stability and corrosion resistance of titanium-based implant materials. *Biomaterials journal*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [6] Lesniewicz, A., Gackiewicz, L., y Zyrnicki, W. (2009, Diciembre). Biodegradation of metallic surgical implants investigated using an ultrasound-assisted process combined with ICP-OES and XRD. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [7] Multigner, M., Frutos, E., González, J., Jiménez, J., Marín, P., e Ibáñez, J. (2008, Noviembre). Influence of the sandblasting on the subsurface microstructure of 316LVM stainless. *Materials Science and Engineering journal*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [8] Papakyriacou, M., Mayer, H., Pypen, C., Plenk, H., y Stanzl, S. (2000, Enero). Effects of surface treatments on high cycle corrosion fatigue of metallic implant materials. *International Journal of Fatigue*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [9] Schlegel, U., y Perren, S. (2006, Enero).Surgical aspects of infection involving osteosynthesis implants: implant design and resistance to local infection. *International journal of the care of injured*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [10] Serhán, H., Slivka, M., Albert, T., y Kwak, D. (2003, Diciembre).Is galvanic corrosion between titanium alloy and stainless steel spinal implants a clinical concern?. *The Spine Journal*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [11] Taddei, E., Herniques, V., Silva, C. y Cairo, C. (2004, Septiembre). Production of new titanium alloy for orthopedic implants. *Materials Science and Engineering*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [12] Tritschler, B., Forest, B., y Rieu, j. (1999, Noviembre). Fretting corrosion of materials for orthopaedic implants: a study of a metal/polymer contact in an artificial physiological medium. *Tribology International*. Obtenido el 16 de marzo de 2010 de la base de datos Science direct.
- [13] Base de datos para materiales. (2010, Marzo). www.matweb.com.