

FICHA DE RESULTADOS DE PROYECTOS

1. DATOS DEL PROYECTO

Título:

Investigador/a responsable (perteneciente al IUTA): Inés Fernández Pariente

Tfno: 985 18 1992

E-mail: inesfp@uniovi.es

Otros investigadores:

Empresas o instituciones colaboradoras:

(Indíquese el municipio donde están ubicadas las empresas y/o instituciones, su grado de interés y de colaboración y en qué ha consistido dicha colaboración):

MBA INCORPORADO S.L., situada en el Parque Tecnológico, y la empresa ACUÑA Y FOMBONA S.A., ubicada en Marqués de Casa Valdés, 103-105, ambas ellas en el municipio de Gijón, han mostrado su interés en el proyecto mediante cartas de apoyo al desarrollo de la idea propuesta en el proyecto.

2. BREVE MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

Resumen ejecutivo: el resumen ejecutivo del Proyecto debe ser una síntesis clara y concisa del trabajo realizado, describiendo brevemente los motivos que justifican su realización, los beneficiarios, los objetivos planteados y su grado de consecución, las tareas realizadas y los resultados obtenidos. Este resumen se incluirá íntegro en el apartado principal de la memoria de actividades del IUTA 2013. Extensión máxima: una página.

Debido al aumento de la esperanza de vida y a los grandes avances de la biomedicina, cada vez son más frecuentes los implantes de prótesis en el cuerpo humano. La tendencia actual hacia el envejecimiento de la población hace prever que el uso de esta técnica aumente de forma exponencial en los próximos años. La primera condición que deben cumplir los materiales que conforman las prótesis es la de ser biocompatibles, es decir, ser capaces de mantener sus propiedades ante la presencia de agentes agresivos como los que existen del cuerpo humano. A pesar de ser condición necesaria no es suficiente, puesto que las prótesis deben integrarse en el cuerpo. Para ello es fundamental que el material de las prótesis interaccione con las células y tejidos del cuerpo, es decir sea capaz de osteointegrarse, lo que depende directamente de las propiedades superficiales del material que la conforme. Otro de los problemas inherentes a la implantación de prótesis son las infecciones bacterianas. En el cuerpo humano existen diversas bacterias capaces de depositarse en las superficies de las prótesis, creando delgadas películas (biofilms) que actúan como impermeables a los antibióticos. Esto provoca grandes inconvenientes en el paciente que en muchos casos requieren tratamiento quirúrgico e incluso la retirada de la prótesis. De nuevo en este caso las propiedades superficiales del material juegan un papel importante.

Existen diversos estudios en el campo de la proliferación celular y de la adhesión bacteriana en material de prótesis, y a pesar de que todos ellos coinciden en relacionar ambos efectos con las propiedades superficiales del material, no parece estar claro que propiedad o propiedades son las que influyen directamente sobre la adhesión bacteriana y la osteointegración.

Existen diversos métodos y tratamientos capaces de modificar las propiedades superficiales de los materiales. Entre todos ellos el shot peening es un tratamiento superficial muy versátil y ampliamente extendido que consiste en el lanzamiento de proyectiles esféricos contra superficies metálicas. El impacto de estos proyectiles genera un endurecimiento por deformación e introduce un campo de tensiones residuales de compresión en la capa superficial del material. El campo de tensiones se genera debido a que la capa inmediatamente inferior a la más superficial se deforma elásticamente, viéndose impedida la recuperación de su posición inicial por la capa superior deformada plásticamente, generándose así un campo de tensiones negativas. Además este

tratamiento aumenta la rugosidad superficial y altera las condiciones de reactividad electroquímica del material, siendo incluso capaz de disminuir el tamaño del grano de las capas superficiales hasta dimensiones nanométricas (menores de 100nm) si se modifican los parámetros de aplicación convencionales.

Por todos estos efectos inducidos, es probable que estos tratamientos influyan directamente sobre la adhesión bacteriana y la proliferación celular en las prótesis implantables. Dada la importancia que actualmente tiene el tema de las prótesis y su alcance en la sociedad, el objetivo de este proyecto es aplicar tratamientos de shot peening convencional (CSP) y shot peening severo (SPS) sobre la aleación de titanio Ti6Al4V, una de las más utilizadas en la fabricación de prótesis implantables, con el fin de modificar sus propiedades superficiales (dimensiones de grano, durezas, rugosidades...) y estudiar su influencia en la adhesión bacteriana, relacionada directamente con el riesgo de infección, y en la proliferación celular, relacionada con la osteointegración de la prótesis.

Objetivos inicialmente planteados:

Teniendo en cuenta que la osteointegración y las infecciones bacterianas son dos de los mayores problemas que surgen en la implantación de prótesis, y que ambos fenómenos están relacionados con las propiedades superficiales del material, en este proyecto se propone aplicación de tratamientos de shot peening convencionales (SPC) y shot peening severo (SPS), capaces de modificar dichas propiedades, entre ellas la rugosidad superficial de las prótesis, el grado de reactividad a nivel electroquímico con el medio que las rodea, y la dimensión del grano, entre otras, siendo éstas las que mayor influencia parecen tener en los fenómenos de proliferación bacteriana (osteointegración) y adhesión celular (infecciones).

Tras caracterizar las propiedades de las muestras tras los distintos tratamientos, se pretende realizar pruebas de adhesión bacteriana y de proliferación celular con la intención de ver cuál de ellas minimiza el riesgo de infección y cuál favorece la osteointegración, lo que permitirá tener estos factores en cuenta en el diseño y producción de futuras prótesis.

Grado de consecución de los objetivos planteados:

En el desarrollo de este proyecto se han sometido distintas muestras de la aleación biológica Ti6Al4V a tratamientos de shot peening convencionales (SPC) y de altas energías también denominado shot peening severo (SPS).

Tras estos tratamientos se midió la rugosidad superficial, el perfil de microdureza a lo largo de la sección, el nivel de tensiones residuales y FWHM (Full Width at Half Maximum, parámetro relacionado con el endurecimiento por deformación) en superficie y en profundidad mediante difracción de rayos X en todas las series de probetas. Además se realizó un estudio microestructural de las de las capas superficiales mediante microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía electrónica de transmisión (TEM) en muestras de todas las series.

Para conocer el grado de reactividad a nivel electroquímico se realizaron ensayos de polarización (curvas de polarización electrodinámica) usando como reactivo la solución comercial denominada *ringerlactato*, que simula los fluidos corporales.

Tras caracterizar las propiedades de las muestras para cada uno de los tratamientos, se realizaron pruebas biológicas de proliferación celular, siendo aún necesarias muchos más ensayos para establecer conclusiones.

Con todo esto, se ha concluido la parte de caracterización de los distintos tratamientos de SP, siendo necesarias más pruebas de proliferación celular para poder determinar los parámetros influyentes en la osteointegración. Faltan además por realizar los ensayos de adhesión bacteriana, planeados para un futuro.

Tareas realizadas (indicando claramente la participación del personal becario en ellas):

-Determinación de los parámetros de SP y SSP. Aplicación de tratamientos de SPC y SPS a 4 series diferentes de probetas. Los parámetros utilizados en cada tratamiento se muestran en la Tabla I.

Tabla 1. Parámetros de SP utilizados en el tratamiento de cada una de las series

Serie	Diámetro del proyectil (mm)	Proyectil	Intensidad Almen	Cobertura (%)	Tratamiento térmico
SPC – 0,2	0,2	Vidrio	5A	100%	-
SPC – 0,7	0,7	Vidrio	13A	100%	500°C-1h
SPS – 0,2	0,2	Vidrio	5A	5000%	-
SPS – 0,7	0,7	Vidrio	13A	5000%	500°C-1h

- Medidas de rugosidad mediante microscopia confocal de la superficie de las muestras.
- Medidas de microdureza en sección transversal de las muestras. Elaboración del perfil desde la superficie hacia el interior.
- Medidas de tensiones residuales y FWHM (parámetro directamente relacionado con el endurecimiento superficial) en superficie y en profundidad, mediante difracción de rayos X. Para realizar el perfil se fue eliminando material mediante electropolido para no afectar el estado tensional de las muestras.
- Preparación metalográfica y estudio de la microestructura de la capa superficial de las muestras mediante microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido y de transmisión (SEM y TEM respectivamente).
- Realización de las curvas de polarización electrodinámica de cada una de las series.
- Análisis de los resultados y enumeración de conclusiones.
- Ensayos de proliferación celular.

Todas estas tareas han sido realizadas por la persona contratada como becaria en este proyecto, a excepción de las pruebas de proliferación celular.

Resultados obtenidos:

Tras el análisis de todos los resultados obtenidos se pueden enumerar las siguientes conclusiones:

- La rugosidad aumenta al hacerlo la cobertura y el tamaño del proyectil
- No hay diferencias apreciables en las microestructuras de las capas superficiales sometidas a los diferentes tratamientos, probablemente debido a la gran dureza que presenta la aleación. Todas ellas revelan una microestructura del tipo millI annealed ($\alpha+\beta$).
- Tras el tratamiento térmico de recocido, la fase β de la capa superficial se presenta mucho más discontinua, probablemente debido a fenómenos de difusión que tienen lugar durante el tratamiento.
- El análisis químico realizado mediante la microsonda del SEM revela que la fase β es mucho más rica en vanadio que la fase α , siendo ésta es más rica en aluminio.
- Los estudios llevados a cabo mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) demuestran la existencia de nanocristales en la superficie de todas las muestras con tratamientos de SP y SSP. El análisis cristalográfico revela que estos cristales son óxidos de titanio, lo que corrobora la pasivación del material que lo protege ante fenómenos de corrosión.
- Tras los tratamientos de SPC y SPS se aprecia un endurecimiento en la zona superficial de las muestras hasta una profundidad de 300 μm , siendo mayor dicho endurecimiento en las muestras sometidas a altas energías.

- La dureza de las muestras sometidas a SPS con proyectiles AGB 20 Y AGB 70 decae unos 20-30 HV tras someter dichas muestras a tratamiento térmico de recocido.
- El nivel de tensiones residuales inducidas en las probetas sometidas a tratamientos de SPS es mayor que en las sometidas a tratamientos convencionales. Las mayores tensiones de compresión coinciden con los tratamientos severos y con mayores tamaños de proyectil.
- El tratamiento térmico de recocido (750°C-1 hora 30min) elimina las tensiones residuales de las probetas.
- El parámetro Full Width at Half Maximun (FWHM) medido mediante difracción de rayos X es superior en el caso del material sometido a SPS, lo que denota el mayor endurecimiento por deformación inducido en las muestras sometidas a los tratamientos severos.
- Los resultados de los ensayos de resistencia a la polarización indican que el potencial de corrosión se eleva a valores más positivos a medida que aumenta la cobertura de los tratamientos, esto significa que la superficie con shot peening ennoblece el material y por lo tanto aumenta el potencial de corrosión en el medio seleccionado (ringerlactato).
- Las tasas de corrosión de las muestras sometidas a SP y SSP se mantienen bajas y cercanas al material sin tratar, lo que indica que la liberación de productos de corrosión y de iones metálicos producida por la corrosión electroquímica es muy baja, confirmando el carácter biocompatible del material.
- Los ensayos de proliferación celular realizados hasta el momento parecen indicar en términos generales cómo la viabilidad celular incrementa en el caso de las muestras sometidas a los tratamientos de SP y SSP, decayendo en las que posteriormente se sometieron a tratamiento térmico. Son necesarios más ensayos para poder obtener conclusiones más precisas.
- En el momento de la presentación de esta memoria faltan por realizar los ensayos de adhesión bacteriana.

Divulgación de los resultados: deben indicarse publicaciones, ponencias en congresos, trabajos fin de carrera, patentes, jornadas divulgativas, etc.

Los resultados derivados de esta investigación serán publicados en congresos nacionales e internacionales, así como en revistas internacionales con índice de impacto recogidas en la Isi Web of Knowledge.

Además de todo esto, se pretenden realizar reuniones con las empresas del sector de prótesis con el fin de acercarles los resultados de este trabajo, esperando puedan contribuir a la mejoría de sus productos.

Trabajos futuros:

Con el fin de hacer estudios más exhaustivos y aclarar resultados confusos, se ha pedido financiación al Plan Nacional para seguir con la investigación en este campo.

3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-13-GIJÓN-1	3750€	-----	-----	-----
Otras fuentes	MAT2009-12308	-	48.000€		
Personal Becario	Nombre	Rebeca Orviz Palacio			
	Tareas	Aplicación de tratamientos de SP y SSP a las muestras, medidas de rugosidad, microdureza, tensiones residuales y FWHM mediante difracción de rayos X, curvas de polarización, caracterización microestructural mediante			

		microscopía óptica, electrónica de barrido y electrónica de transmisión. Preparación de muestras.
	Período	1/02/2013-30/06/2013