

# CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO Informe Científico<sup>1</sup>

**PERIODO <sup>2</sup>: 2012-2014**

Legajo N°:

## 1. DATOS PERSONALES

*APELLIDO: LLORENTE*

*NOMBRES: CARLOS LUIS*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: LA PLATA CP: 1900 Tel:*

*Dirección electrónica (donde desea recibir información): cllorent@ing.unlp.edu.ar*

## 2. TEMA DE INVESTIGACION

CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL Y EFECTO SOBRE LA CORROSIÓN EN ACEROS INOXIDABLES UTILIZADOS PARA CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA Y ORTOPÉDICA.

## 3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA

*INGRESO: Categoría: nvestigador Asistente Fecha: octubre-1987*

*ACTUAL: Categoría: Investigador Adjunto/SD desde fecha: Febrero-2004*

## 4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

*Universidad y/o Centro: UNLP*

*Facultad: INGENIERIA*

*Departamento: MECANICA*

*Cátedra: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física (LIMF)*

*Otros: LEMIT - CICIPBA*

*Dirección: Calle: 1 y 47 N°:*

*Localidad: LA PLATA CP: 1900 Tel: 0221 4236696*

*Cargo que ocupa: Profesor Titular Ordinario*

## 5. DIRECTOR DE TRABAJOS. (En el caso que corresponda)

*Apellido y Nombres:*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: CP: Tel:*

*Dirección electrónica:*

<sup>1</sup> Art. 11; Inc. "e" ; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

<sup>2</sup> El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2008 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2006 al 31-12-2007, para las presentaciones bianuales.

.....  
Firma del Director (si corresponde)

.....  
Firma del Investigador

**6. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.**

*Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

El presente plan de trabajo forma parte de un Proyecto acreditado y financiado por la UNLP a través del Programa de Incentivos a la Investigación, y por el Subsidio Automático otorgado a los investigadores de la CICPBA.

INGENIERÍA DE CORROSIÓN Y TECNOLOGÍA ELECTROQUÍMICA11/1145

Director: Dr. Claudio Gervasi

Co Director: Ing. Carlos L. LLorente

Se trabajó en el marco de este proyecto sobre los tratamientos superficiales (desarrollo de diferentes tratamientos superficiales entre ellos pulidos mecánicos, electropulidos, decapados, pasivados químicos y combinaciones de los anteriores, etc.) en muestras de aceros inoxidable austeníticos tipo AISI 316 LVM, para uso en implantes. También se trabajó en muestras de Ti Gr4 (ASTM F67) y Ti Gr5-Ti6Al4VELI (ASTM F136), ambos considerados como unos de los mejores materiales para implantes debido a su excelente biocompatibilidad y resistencia a la corrosión. La respuesta del organismo humano, y en algunos casos a la oseointegración, la presencia de los mismos está determinada por la interacción entre los tejido y el implante. En general, se ha establecido que esta interacción puede ser mejorada con distintos tratamientos superficiales. Para ello se desarrollaron diferentes tratamientos superficiales,tales como el anodizado, blastinizado, etching químico o anodizado por medio de plasma químico y éstos en conjunto, sobre muestras de ambos materiales. Se comenzó la caracterización de las superficies anteriores mediante SEM-EDS y estereometría SEM. Para ello se realizó la puesta a punto de la técnica del par estéreo (estereometría SEM) para la evaluación de rugosidad de implantes en muestras con el tratamiento superficial de blastinizado. Asimismo se inició la evaluación del comportamiento de algunas de estas superficies (aceros inoxidable austeníticos tipo AISI 316 LVM) frente a corrosión en medios biológicos simulados mediante técnicas electroquímicas. Dichas actividades dieron origen a la presentación de contribuciones científicas en revistas y congresos de la especialidad.

Por otro lado, como Director del Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física (LIMF)-Ftad. de Ing. UNLP, se comenzó a implementar un Sistema de Gestión de la Calidad para lograr la acreditación de dicho Laboratorio. Conjuntamente con los integrantes del LIMF se definió el proceso sobre el cual se ha comenzado a trabajar, quedando establecido los procesos de Ensayo de dureza en las escalas Rockwell, Brinell y Vickers. Se definió la política de calidad y sus objetivos apelando a la toma de conciencia unívoca por parte de todas las personas involucradas en el proceso. Se participó en la confección del Manual de Calidad, de acuerdo a la norma ISO/IEC 17025 – Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, y en la confección de los procedimientos de gestión y técnicos asociados al proceso que se desea acreditar. Se participó en el diseño de los registros necesarios para el cumplimiento de todos los requisitos de la norma ISO/IEC 17025. En el 2012 se participó en el Programa de Fortalecimiento de las Capacidades Técnicas y de Gestión de los Laboratorios, de la Dirección de Vinculación Tecnológica de la U.N.L.P.

Durante el 2013, por resolución Resolución nº 580/13, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, se recibió financiamiento para el desarrollo de tres cursos de capacitación

en el marco del Programa Acreditación de Laboratorios del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Asimismo, en el marco del Programa de Mejora de la Gestión de la Calidad en las Unidades de Investigación, Desarrollo y Transferencia de la UNLP, el LIMF recibió financiamiento para la capacitación de sus integrantes en dicha temática. Al presente se han desarrollado el 50 % de los cursos programados.

Se participó en la auditoría realizada por parte de la empresa Renault (DIMat-A) dentro del programa Laboratorios SELF, como también en el Ensayo de Aptitud por comparaciones Interlaboratorios en mediciones de dureza HRB, HRC y HV1. INTERLAB D-1, en carácter de laboratorio participante.

También se colaboró en la implementación del Sistema de Ordenamiento de Espacios y señalización del LIMF.

Durante el año 2013 se trabajó en la presentación del proyecto: Desarrollo y Fabricación de Aerogeneradores de Alta Potencia, en la convocatoria del FONARSEC: FITS2013. Para ello el Ministerio de la Producción, Ciencia y Tecnología de la Pcia. de Bs As (MPCyT) actuó como articulador del Consorcio integrado por:

Astillero Río Santiago

Metalurgia Calviño SA.

Facultad de Ingeniería de la UNLP

Ministerio de la Producción, Ciencia y Tecnología de la Pcia. de Bs As

Dicho proyecto fue aprobado y financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Al presente, se están iniciando los trámites correspondientes para la adquisición de los bienes de capital y en la elaboración de las especificaciones y de los materiales a utilizar en la fabricación de los componentes de los aerogeneradores.

Se continuaron las labores en el proyecto de extensión "Fabricación de Prototipos de Implantes de Fijación Interna para Osteosíntesis y Osteotomías en Traumatología y Ortopedia y Fabricación de Palancas Separadoras de Huesos para Cirugías" (Proyecto entre el Hospital General de Agudos "San Roque" de Gonnet del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires y la Carrera de Ingeniería en Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. EXPTE FIUNLP 0300-012899/08.). En este sentido se culminó la fabricación de palancas separadoras de huesos (corte laser, conformado plástico, tratamiento térmico de temple y revenido, blastinizado, grabado láser, limpieza y pasivado químico) de más de 100 palancas elaboradas en acero inoxidable martensítico, parte de las cuales ya fueron entregadas al Hospital General de Agudos "San Roque" de Gonnet

Se trabajó conjuntamente con la Dirección de Educación Técnica de la Provincia de Buenos Aires, en la propuesta de un curso de capacitación para docentes de la Escuelas de Enseñanza Técnica. El dictado de dicho curso se inició en diciembre de 2011 y culminó en el 2012. Posteriormente, en el año 2013 se repitió dicho curso para docentes de otras escuelas técnicas de la provincia de Bs As.

Se continuó interactuando con la empresa INOXPLA SA, en actividades de asistencia técnica. En contrapartida se recibió insumos, utilización de equipamiento y otros servicios los cuales fueron utilizados principalmente en las actividades experimentales desarrolladas por el grupo.

En el marco del PME-2006 N° 1891 "Estudio teórico-experimental de componentes para la tecnología energética y de materiales", se continuó en la gestión del servicio de microscopia electrónica de barrido ambiental con capacidad de microanálisis (ESEM-EDS), LIMF-FI/UNLP, el cual se integró al Sistema Nacional de Microscopia (SNM) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

En el período que se informa se realizaron diversos servicios tecnológicos a diferentes empresas. Tales prestaciones de variado tipo y complejidad, fueron gestionadas a través de la Fundación Facultad de Ingeniería-UNLP, que actúa como Unidad de Vinculación Tecnológica.

## 7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.

**7.1 PUBLICACIONES.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en las que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada porque no será tomada en consideración. A cada publicación, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden que figuran en ella, lugar donde fue publicada, volumen, página y año. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparece en la publicación. La copia en papel de cada publicación se presentará por separado. Para cada publicación, el investigador deberá, además, aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del trabajo y, para aquellas en las que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

1.- The Chemistry and Structure of Nickel-Tungsten Coatings Obtained by Pulsating Galvanostatic Electrodeposition

M.P. Quiroga Argañaraz, S.B. Ribotta, M.E. Folquer, E.Zelaya, C. Llorente, J.Ramallo López, G.Benítez, A.Rubert, L.M.Gassa, M.E.Vela, R.C.Salvarezza  
Electrochimica Acta, Vol: 72, Año: 2012, Editorial Pergamon-Elsevier Science LTD  
ISSN 0013-4686, Págs. 87-93

### ABSTRACT:

A detailed characterization of electrodeposited Ni-W coatings prepared by pulsating electrodeposition on steel and copper substrates is presented. The surface of the coating consists of nanometer sized crystals forming a cauliflower-like structure protected by a mixture of nickel and tungsten oxides. The cauliflower structure is preserved into the bulk coating that exhibits an average composition  $\square 70$  at% Ni-30 at% W. Different phases are observed in the bulk structure: a W-rich amorphous phase ( $\square 40$  %) and Ni-rich crystalline phases ( $\square 60$  %). The crystalline phases consist of crystalline domains  $\square 7$  nm in size of Ni(W) (fcc) solid solution (12% W content) and a minor Ni<sub>4</sub>W component (less than 10%). The amorphous phase exhibits a less compact Ni-W structure where some amount of C could also be present. Oxidized W species can not be detected in the coating, thus discarding the presence of significant amounts of tungsten carbide, tungstates or citrate-tungsten complexes. Our results shed light on controversial points related to the chemical composition and demonstrate the complex structure of this system.

La participación en dicha publicación se centro en la realización de algunas de las tareas experimentales, y en el análisis y discusión de los resultados

2.- Impact of surface treatment on the corrosion resistance of ASTM F138-F139 stainless steel for biomedical applications

M.D. PEREDA ; K.W. KANG; R. BONETTO; C. LLORENTE; P. BILMES; C. GERVASI

Procedia Materials Science, Vol: 1-Nº 1, 2012, ELSEVIER, ISSN: 2211-8128, pp. 446 - 453

### ABSTRACT:

AISI 316 LVM stainless steel type considered in ASTM F138 and F139 standards for implant devices is widely used, in particular for orthopedic surgery, because it combines good biofunctionality and acceptable biocompatibility at low costs. Adequate interaction of these materials with the human body and its capability to reach the desired service level are determined by the surface preparation. The goal of the present work is to relate the surface roughness parameters with the localized corrosion resistance of AISI 316 LVM stainless steel grit blasted for different times and passivated with nitric acid. At intermediate blasting times the roughness parameters attain an extreme value and this surface condition corresponds with the maximum pitting corrosion resistance.

La participación en esta publicación se centro en la realización de las tareas experimentales, en el análisis y discusión de los resultados y las conclusiones.

### 3.- CARACTERIZACIÓN SUPERFICIAL DE 316LVM BLASTINIZADO Y PASIVADO PARA SU APLICACIÓN COMO BIOMATERIAL

LEMONS BARBOZA, ADRIANA; KANG, KYUNG WON; PEREDA, M.DOLORES; BONETTO RITA; LLORENTE, CARLOS; BILMES, PABLO; GERVASI, CLAUDIO  
2º Jornadas de Investigación y Transferencia. Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata-Argentina, Mayo de 2013, pp. 1-6, ISBN 978-950-34-0717-2

#### RESUMEN:

Existen diferentes procedimientos para los tratamientos superficiales en biomateriales, algunos de los cuales dependen de la aplicación, tal como en cirugía ortopédica. En general, la biofuncionalidad de estos implantes está gobernada por las propiedades de volumen pero la interacción con el medio biológico está determinada por las características de la superficie. Por lo tanto, un buen desempeño de estos biomateriales con diferentes tratamientos superficiales y/o recubrimientos se obtendría caracterizando inicialmente la composición química, la micro y/o nanoestructura, la rugosidad, el espesor de capa modificada y después correlacionar esta información con las propiedades fisicoquímicas, biocompatibilidad, resistencia a la corrosión, etc. El tratamiento de blastinizado con partículas esféricas (bead blasting) es ampliamente utilizado y estudiado como tratamiento superficial para implantes en Ti c.p. y Ti6Al4V. Sin embargo, hay pocos estudios realizados con respecto a su aplicación en aceros inoxidables para biomateriales. Sin embargo, existen varios estudios donde tratan su uso en diferentes aplicaciones como así también en aceros de bajo carbono. En el tratamiento de blastinizado se utilizan pequeñas partículas abrasivas propulsadas por una corriente de aire que impactan en la superficie, a una presión y tiempo de proceso fijos. Generalmente, el proceso genera severas modificaciones en la superficie y en la sub-superficie. Las modificaciones podrían ser de naturaleza química, relacionadas con la microestructura como el refinamiento de grano o asociadas con las propiedades mecánicas como dureza o tensiones residuales de compresión. Otro efecto relacionado al blastinizado es el aumento en la rugosidad superficial. La magnitud de estas modificaciones depende de los parámetros de proceso: tamaño, composición y forma de la partícula, presión y tiempo de blastinizado. Para lograr una limpieza eficaz y aumentar la resistencia a la corrosión después del blastinizado es necesario aplicar como último tratamiento superficial un pasivado químico o electropulido. Por otro lado, se conoce que la topografía final de la superficie afecta la interacción de los biomateriales con los tejidos biológicos y la degradación por corrosión debida a los fluidos biológicos. La corrosión juega un papel importante en la biocompatibilidad del material ya que la liberación de

productos de corrosión o de iones metálicos de una naturaleza no biocompatible podrían causar reacciones adversas en el organismo como hipersensibilidad, inflamación o citotoxicidad. Además, la corrosión puede provocar la pérdida de estabilidad del implante, disminuyendo su funcionalidad y vida útil de servicio. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos que producen el proceso de blastinizado y pasivados químicos en los parámetros de rugosidad, el comportamiento frente a la corrosión por picado y el endurecimiento superficial. Con este fin se utilizó acero inoxidable austenítico AISI 316 LVM con diferentes preparaciones superficiales, todas basadas en blastinizado con partículas de sílice.

La participación estuvo centrada en algunas de las tareas experimentales, y se trabajó con el resto de los autores en el análisis y discusión de los resultados y en la redacción final de esta presentación

#### 4.-ESTUDIO DE PELÍCULAS PASIVAS EN ACEROS INOXIDABLES SOFTMARTENSÍTICOS 13CrNiMo

Autores: Claudia M. Méndez, Claudio A. Gervasi, Carlos L. Llorente, Pablo D. Bilmes

Tipo de publicación: Acta de Congreso

Datos editoriales: Actas 13 Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales SAM-CONAMET, Editorial Universitaria UNaM, Posadas, 2013, ISBN 978-950-579-276-4, versión electrónica. PREMIO ESTÍMULO A JÓVENES ESTUDIANTES DE POSGRADO, Mejor trabajo presentado por estudiantes de posgrado (C.M. Méndez)

Abstract: El objetivo del presente trabajo es interpretar la capacidad de los tratamientos térmicos de generar cambios estructurales en el óxido pasivante de aceros inoxidable softmartensíticos 13CrNiMo. Además se caracterizan las capas anódicas pasivantes formadas sobre electrodos de la aleación a potenciales de formación dentro de la zona pasiva, en lo referente a su composición y propiedades electrónicas. Para ello se emplean técnicas electroquímicas, espectroscopía fotoelectrónica de rayos X y análisis de capacidad del óxido vs. potencial (Mott-Schottky). Las medidas se realizaron en solución de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0,5 M (pH 9,2) a una temperatura de  $25^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ . El comportamiento de la película exhibe semiconducción tipo n, con defectos que transportan la carga en el óxido que son bien cationes metálicos intersticiales o vacancias de oxígeno. Los coeficientes de difusión de las mismas están en el alcance  $10^{-21} - 10^{-19} \text{ cm}^2/\text{s}$ . Se observó que la estructura de la película pasiva contiene las especies  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  y  $\text{FeO}$ , presentándose adsorción de  $\text{FePO}_4$  en la película formada sobre aleaciones con menor contenido de austenita retenida.

En esta publicación se trabajó con el resto de los autores en el análisis y discusión de los resultados y en la redacción final de esta presentación

#### 5.- SERVICIO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO Y MICROANÁLISIS DEL LIMF – FACULTAD DE INGENIERÍA – UNLP

Kang, Kyung W., Echarri, Juan M., Llorente, Carlos L.

2º Jornadas de Investigación y Transferencia. Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata-Argentina, Mayo de 2013, pp 1-6, Publicación: ISBN 978-950-34-0717-2

RESUMEN

En el año 2009 se instaló y puso en funcionamiento el servicio de microscopía electrónica de barrido ambiental con capacidad de microanálisis (ESEM-EDS), en el LIMF-Facultad de Ingeniería-UNLP. El equipamiento se adquirió en el marco del PME-2006 N° 1891 "Estudio teórico-experimental de componentes para la tecnología energética y de materiales" en el cual participaron diferentes grupos de investigación de la UNLP, CONICET y CICPBA.

El microscopio electrónico de barrido (SEM, Scanning Electron Microscope) es uno de los instrumentos más versátiles para el examen y análisis de características microestructurales de objetos sólidos. Una de las razones para ello es su alta resolución (de 20 a 50 Å) y otra característica importante es la apariencia tridimensional de las imágenes, producto de su gran profundidad de foco (aproximadamente entre 100 y 1000 veces mayor que la de un microscopio óptico a la misma magnificación). En general los SEM cuentan con capacidad analítica mediante el agregado de un detector de rayos X dispersivo en energías (EDS, Energy Dispersive Spectrometer), que permite obtener información composicional de manera rápida y eficiente. Los microscopios electrónicos de barrido (SEM), trabajan a un vacío aproximado de  $10^{-6}$  torr. En estos microscopios las muestras no conductoras (orgánicas, biológicas, vidrios, polímeros, etc.) necesitan una cubierta conductora metálica, para evitar carga eléctrica y daño por radiación, y lograr su observación. En estos casos se utiliza generalmente una cubierta de oro por ser buen conductor del calor y la electricidad, o se recubren con carbono cuando se quiere realizar análisis químico por EDS. Por otro lado, las muestras conductoras pueden ser examinadas sin ningún tipo de cubierta. En el caso de las muestras biológicas, estas deben recibir un tratamiento de secado por punto crítico (CPD, Critical Point Drying) previo al metalizado. El CPD es un método de secado posterior a la deshidratación con alcohol o acetona, que permite conservar la forma y estructura celular de la muestra. El proceso se basa en el reemplazo de los líquidos (utilizados en la extracción, fijación y conservación iniciales) por CO<sub>2</sub>, que es finalmente evacuado sin dañar los tejidos de la muestra. Los nuevos microscopios electrónicos de barrido (ESEM, Environmental Scanning Electron Microscope) tienen la capacidad de trabajar con bajo vacío (hasta 20 torr), aumentando notablemente el campo de aplicación, llegando a extremos de poder estudiar en esas condiciones muestras con un 100% de humedad relativa. El objetivo de este trabajo es la presentación y difusión de la capacidad del servicio de microscopía electrónica de barrido que cuenta la Facultad de Ingeniería de la UNLP, detallando el potencial de los equipos y las posibilidades de uso de los mismos.

La participación en dicha presentación se centró, con el resto de los autores, en la discusión de los resultados y la redacción final de esta presentación.

#### 6.-CARACTERIZACIÓN SUPERFICIAL Y TRANSVERSAL DE IMPLANTES DENTALES DE TITANIO BLASTINIZADOS Y ANODIZADOS POR PLASMA QUÍMICO

Adriana Lemos, Agustín Cerliani, Kyung Kang, Juan Echarri, Carlos Llorente, Pablo Bilmes, Nicolás Scarano, Luciano Borasi

XI Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, La Plata Argentina, 10-14 de Nov. de 2013, pp: 1-10, ISBN 978-950-34-1026-4

#### RESUMEN

Los implantes de Ti c.p. comprendidos en la norma ASTM F67-06 tienen una extensa aplicación como biomateriales debido a que combinan elevada

biocompatibilidad y resistencia a la corrosión superiores a los aceros inoxidable. Teniendo en cuenta que la respuesta biológica se encuentra estrechamente relacionada con las propiedades superficiales, una de las actividades más importantes en el estudio de los implantes se encuentra enfocada al uso de modificaciones superficiales. En el presente trabajo se realizaron estudios de rugosidad, adherencia y microdureza Vickers de implantes dentales de Ti c.p. sometidas a los tratamientos de blastinizado y blastinizado con un posterior anodizado por plasma químico. Estas superficies se compararon con superficies con el mismo tratamiento de anodizado pero sin la aplicación de un blastinizado anterior. Los resultados obtenidos indican que la aplicación previa del blastinizado mejora la adherencia del recubrimiento generado en el anodizado por plasma químico aunque la rugosidad no cambia significativamente. También se encontró que se generan variaciones, en la rugosidad y la adherencia del recubrimiento, por el consumo de los elementos utilizados para la realización de los tratamientos superficiales

Se participó en la realización de algunas de las tareas experimentales, y se trabajó con el resto de los autores en el análisis y discusión de los resultados y en la redacción final de esta presentación

**7.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN.** *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden en que figurarán en la publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el investigador deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

**7.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.** *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que han sido enviados. Adjuntar copia de los manuscritos.*

**7.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.** *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.*

Blasting and passivation treatments for ASTM F139 stainless steel for biomedical applications: Effects on surface roughness, hardening and localized corrosion  
Adriana L. Lemos Barboza, Kyung Won Kang, Rita D. Bonetto, Carlos L. Llorente, Pablo D. Bilmes, Claudio A. Gervasi

Due to the combination of good biofunctionality and biocompatibility at low cost, AISI 316 LVM (low carbon vacuum melting) stainless steel, as considered in ASTM F139 standard, is a preferred choice for medical implants, particularly for use in orthopedic surgery. Proper surface finish must be provided to ensure adequate interactions of the alloy with tissues of the Human Body what in turn, allows the material to deliver the desired performance. Preliminary studies performed in our laboratory on AISI 316LVM stainless steel surfaces modified by glass bead blasting (from industrial supplier) followed by different nitric acid passivation conditions

disclosed the necessity to extend parameters of the surface treatments and to further consider roughness, pitting corrosion resistance and surface and sub-surface hardening measurements, all in one, as the most effective characterization strategy. This was the approach adopted in the present work. Roughness assessment was performed by means of amplitude and functional parameters and an estimator of the fractal dimension that characterize surface topography. We clearly demonstrate that the blasting treatment should be done under controlled conditions in order to obtain similar surface and subsurface properties. Otherwise, a variation in one of the parameters could modify the surface properties, exerting a profound impact on its application as biomaterial.

**7.5 COMUNICACIONES.** *Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).*

**7.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS.** *Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando corresponda.*

**8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.**

**8.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS.** *Describir la naturaleza de la innovación o mejora alcanzada, si se trata de una innovación a nivel regional, nacional o internacional, con qué financiamiento se ha realizado, su utilización potencial o actual por parte de empresas u otras entidades, incidencia en el mercado y niveles de facturación del respectivo producto o servicio y toda otra información conducente a demostrar la relevancia de la tecnología desarrollada.*

**8.2 PATENTES O EQUIVALENTES.** *Indicar los datos del registro, si han sido vendidos o licenciados los derechos y todo otro dato que permita evaluar su relevancia.*

**8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO.** *Describir objetivos perseguidos, breve reseña de la labor realizada y grado de avance. Detallar instituciones, empresas y/o organismos solicitantes.*

**8.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES** *(desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).*

**8.5 Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.**

**9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS.** *Indicar qué tipo de servicios ha realizado, el grado de complejidad de los mismos, qué porcentaje aproximado de su tiempo le demandan y los montos de facturación.*

ANÁLISIS DE FALLA DE COMPONENTES Y EQUIPOS

CARACTERIZACIÓN Y ESPECIFICACION DE MATERIALES DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y CALIFICACIONES.

Título: Caracterización química de muestras de aceros inoxidable, aceros al carbono, productos galvanizados, cromados y niquelados.

Responsable: Ing. Carlos Llorente

Nombre de la empresa: LENOR S.R.L.

Breve Descripción: Caracterización química mediante espectrometría óptica y/o SEM-EDS. Interpretación de resultados de acuerdo a normas ASTM, IRAM, etc y elaboración de informe

Monto facturado: \$ 20860

Título: Caracterización de muestras poliméricas

Responsables: Ing. Carlos Llorente – Ing. Juan M. Echarri

Nombre de la empresa: PETROKEN SA

Breve Descripción: Caracterización química de muestras poliméricas mediante microscopía electrónica de barrido y microanálisis EDS. Interpretación de resultados y elaboración de informe, Abril-julio 2013

Monto facturado: \$ 26800

Título: Determinación de espesor de recubrimientos (galvanizado)

Título: Ensayo de soldadura aluminotérmica de rieles

Responsable: Ing. Carlos Llorente

Nombre de la empresa: HERSO SA

Breve Descripción: Determinación de espesor de galvanizado mediante microscopía óptica. Interpretación de resultados según normas y elaboración de informe.

Desarrollo de ensayos mecánicos, caracterización microestructural y perfil de dureza de soldaduras de rieles para ferrocarriles según normas, interpretación de resultados y elaboración de informe. junio 2012

Monto facturado: \$ 10500

Título: Determinación de dureza de perfiles bulbo, chapas de las calzadas y refuerzos del puente levadizo sobre el arroyo Lapacho

Responsables: Ing. Carlos Llorente- Dr. Ing. Pablo Bilmes

Nombre de la empresa: Víctor Barros

Breve Descripción: Determinación de dureza in-situ, y caracterización del acero de los diferentes componentes estructurales, interpretación de resultados y elaboración de informe con recomendaciones

Monto facturado: \$ 3800

Título: Ensayos mecánicos para calificación de procedimientos de soldadura

Responsable: Ing. Carlos Llorente

Nombre de la empresa: PAGSA Ingenieros Argentinos SRL

Breve Descripción: Calificación de EPS y soldador. Desarrollo de ensayos mecánicos para la calificación de EPS y soldador, bajo el Código ASME IX, interpretación de resultados y elaboración de informe. Fecha: octubre 2012

Monto facturado: \$2425

Título: Caracterización de Polvo Ambiental mediante SEM-EDS

Responsable: Ing. Carlos Llorente

Nombre de la empresa: Gentilini Dora

Breve Descripción: Caracterización de polvo ambiental mediante ESEM y microanálisis EDS Caracterización química y morfológica de las partículas de polvo, interpretación de resultados y elaboración de informe. Fecha octubre 2012

Monto facturado: \$ 900

Título: Ensayos de plegado de probetas F24 según ASME IX, QW-160

Responsable: Ing. Carlos Llorente

Nombre de la empresa: EMEPA SA

Breve Descripción: Desarrollo de ensayos de plegado de chapas F24 según ASME IX, QW-Q160, interpretación de resultados y elaboración de informe. Fecha septiembre 2012

Monto facturado: \$ 1800

Título: Especificaciones de Procedimiento de Soldadura

Responsable: Ing. Carlos Llorente

Nombre de la empresa: AÑURI Hispano Americana SA

Breve Descripción: Elaboración de Especificaciones de Procedimientos de Soldaduras según ASME IX y elaboración de informe. Fecha septiembre 2012

Monto facturado: \$ 7200

Título: Ensayo de soldadura aluminotérmica de rieles

Responsable: Ing. Carlos Llorente

Nombre de la empresa: HERSO SA

Breve Descripción: Desarrollo de ensayos mecánicos, caracterización microestructural y perfil de dureza de soldaduras de rieles para ferrocarriles según normas, interpretación de resultados y elaboración de informe. Fecha: mayo -junio 2012

Título: Determinación de espesor de recubrimiento galvanizado

Responsable: Ing. Carlos Llorente

Nombre de la empresa: HERSO SA

Breve Descripción: Determinación de espesor mediante método metalográfico. interpretación de resultados según Norma y elaboración de informe. octubre-noviembre 2012

Monto total facturado: \$ 9700

Título: CARACTERIZACIÓN DE LA CAMISA DEL LAMINADOR 5RR10 DE CERÁMICA CTIBOR SA

Responsables: Ing. Carlos Llorente- Dr. Ing Pablo Bilmes

Nombre de la empresa: TICEM SA

Breve Descripción: Desarrollo de ensayos físicos, químicos y caracterización microestructural. Participación en el análisis de los resultados y en la elaboración de informe. Fecha: 25/02/2013

Monto facturado: \$ 1600

Título: ANÁLISIS DE FALLA DE SOLDADURAS DE EVAPORADORES DE LA EMPRESA AIR LIQUIDE S. A.

Responsables: Ing. Carlos Llorente Dr. Ing. Pablo Bilmes

Nombre de la empresa: INOXPLA INGENIERIA SRL

Breve Descripción: Realización de estudios y ensayos para la determinación de la causa riaz de la falla. Desarrollo de ensayos mecánicos, interpretación de resultados y elaboración de informe, marzo 2013.

Título: ANÁLISIS DE FALLA DE LAS SOLDADURAS DE UN EVAPORADOR AMBIENTAL

Responsables: Dr. Ing. Pablo Bilmes - Ing Carlos Llorente

Nombre de la empresa: INOXPLA INGENIERIA SRL

Breve Descripción: Análisis de falla de las soldaduras de un evaporador ambiental. Realización de los ensayos, interpretación de los resultados y elaboración de informe. Nov. 2013  
Monto total facturado: \$ 9600

Título: Determinación de temperatura de fusión y temperatura de inducción a la oxidación por calorimetría diferencial de barrido (DSC).  
Responsables: Ing Juan Manuel Echarri, Ing Carlos Llorete  
Nombre de la empresa: CEARCA S.A  
Breve Descripción Determinación de temperatura de fusión y temperatura de inducción a la oxidación por calorimetría diferencial de barrido (DSC). Participación en la interpretación de resultados y elaboración de informe técnico. Feb-Dic. 2013  
Monto total facturado: \$ 34725

Título: ANÁLISIS DE FALLA DE LA MATRIZ DE EXTRUSIÓN N° 3826  
Responsables: Dr. Ing. Pablo Bilmes , Ing Carlos Llorete  
Nombre de la empresa: MADEXA SA  
Breve Descripción: Caracterización química, estructural y estudio de la falla de la matriz. Participación en la caracterización del material, verificación de cumplimiento de normas, interpretación de resultados y elaboración de informe. Octubre 2013  
Monto facturado: \$ 4900

Título: Determinación de la temperatura de transición vítrea (tg) de muestras poliméricas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC)  
Responsables: Ing. Juan M. Echarri - Ing Carlos Llorete  
Nombre de la empresa: DIRANSA SAN LUIS S. A.  
Breve Descripción: Caracterización de muestras poliméricas. Participación en la elaboración de informe. Mayo, junio, septiembre de 2013  
Monto facturado: \$ 3850

Título: Análisis de falla de soldaduras de cañerías de acero inoxidable tipo AISI 304. Estudio para la determinación del mecanismo de falla y la posible causa del fenómeno de corrosión observado principalmente en las uniones soldadas de la cañería de acero inoxidable de agua blanda para el sector de teñido.  
Responsables: Dr. Ing. Pablo Bilmes – Ing. Carlos Llorete-Dr. Claudio Gervasi  
Nombre de la empresa: COTEMINAS ARGENTINA SOCIEDAD ANONIMA  
Breve Descripción: Caracterización y estudio de la falla de las cañerías en sus uniones soldadas. Participación en todos los estudios realizados y en la elaboración de informe. Junio/2013.  
Monto facturado: \$ 8900

Título: Procedimiento de soldadura de reparación  
Responsables: Ing. Carlos Llorete- Dr. Ing Pablo Bilmes  
Nombre de la empresa: SIDERCA SAIC  
Breve Descripción: Elaboración de Procedimiento de Soldadura de Reparación y elaboración de informe. marzo 2012  
Monto facturado: \$ 8900

Título Tanques combustibles n° 1 y 11 - control dimensional de las soldaduras y de los casquetes - determinación de dureza - determinación de propiedades mecánicas - caracterización metalográfica  
Responsables: Ing. Juan Manuel Echarri - Carlos Llorete  
Nombre de la empresa: VENG SA

Breve Descripción: Análisis de la falla. Caracterización química y estructural de los materiales. Participación en el relevamiento de los antecedentes, en los ensayos realizados y elaboración de informe técnico, Mayo 2013  
Monto facturado: \$ 58000

**10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:  
10.1 DOCENCIA**

**10.2 DIVULGACIÓN**

**11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES.** *Indicar nombres de los dirigidos, Instituciones de dependencia, temas de investigación y períodos.*

**DIRECCION DE DOCENTES INVESTIGADORES CON MAYOR DEDICACIÓN**

Nombre y Apellido: Joaquín MARTINEZ  
Cargo Ayudante Diplomado - Dedicación Exclusiva

Nombre y Apellido: Adriana LEMOS BARBOSA  
Cargo Ayudante Diplomado - Dedicación Exclusiva

Nombre y Apellido: Juan Manuel ECHARRI  
Cargo: Ayudante Diplomado - Dedicación Exclusiva

**DIRECCION DE PROFESIONALES DE APOYO**

Nombre y Apellido José L. Sarutti  
Cargo Principal  
Institución: Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Bs. As.

Nombre y Apellido Jorge Grau  
Cargo Principal  
Institución: Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Bs. As.

**BECARIOS**

Nombre y Apellido Sr. José C. ZUZULICH  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Asistencia Técnica  
Período: 2013-2014

Nombre y Apellido Srita. Alejandra I. SLAGTER  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Asistencia Técnica  
Período: 2013-2014

Nombre y Apellido Sr. Luciano BORASI

Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Tipo de Beca: Investigación  
Período:2013- 2014

Nombre y Apellido Sr. Guido BALDINO  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Tipo de Beca: Investigación  
Período:2013

Nombre y Apellido Ing.. Tatiana EKKERT  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Formación Inicial  
Período:2013-214

Nombre y Apellido Sr. Augustin Cerliani  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Asistencia Técnica  
Período:2013- 2014

Nombre y Apellido Sr. Jonathan I García Bracco  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Asistencia Técnica  
Período:2013- 2014

Nombre y Apellido Srita. Leticia A. AZPEITIA  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Asistencia Técnica  
Período:2013- 2014

Nombre y Apellido Srita. Carmen V. Flores  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Asistencia Técnica  
Período:2013

Nombre y Apellido Sr. Gonzalo E. Ortiz  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Asistencia Técnica  
Período:2013

Nombre y Apellido Sr. Pablo F- Bonvicini Menendez  
Institución que otorga: Facultad de Ingeniería  
Otra especificar: Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física  
Tipo de Beca: Asistencia Técnica  
Período:2013-2014

**12. DIRECCION DE TESIS.** *Indicar nombres de los dirigidos y temas desarrollados y aclarar si las tesis son de maestría o de doctorado y si están en ejecución o han sido defendidas; en este último caso citar fecha.*

Tesista: Ing. Claudia M. Méndez

Tesis Doctoral: "Corrosión de aceros inoxidables soft y supermartensíticos de uso en las industrias de gas y petróleo"

Director: Dr. Claudio Gervasi Codirector: Ing. Carlos Llorente

Facultad de Ingeniería, UNLP. Defensa de Tesis: junio de 2013

**13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS.** *Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.*

2º Jornadas de Investigación y Transferencia. Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata-Argentina, Mayo de 2013. PARTICIPANTE

A-CARACTERIZACIÓN SUPERFICIAL DE 316LVM BLASTINIZADO Y PASIVADO PARA SU APLICACIÓN COMO BIOMATERIAL  
LEMON BARBOZA, ADRIANA; KANG, KYUNG WON; PEREDA, M.DOLORES;  
BONETTO RITA; LLORENTE, CARLOS; BILMES, PABLO; GERVASI, CLAUDIO

B-SERVICIO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO Y MICROANÁLISIS DEL LIMF – FACULTAD DE INGENIERÍA – UNLP  
Kang, Kyung W., Echarri, Juan M., Llorente, Carlos L.

13 Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales SAM-CONAMET, Posadas, 2013. PARTICIPANTE

ESTUDIO DE PELÍCULAS PASIVAS EN ACEROS INOXIDABLES SOFTMARTENSÍTICOS 13CrNiMo

Claudia M. Méndez, Claudio A. Gervasi, Carlos L. Llorente, Pablo D. Bilmes

XI Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, La Plata Argentina, 10-14 de Nov. de 2013. PARTICIPANTE

.-CARACTERIZACIÓN SUPERFICIAL Y TRANSVERSAL DE IMPLANTES DENTALES DE TITANIO BLASTINIZADOS Y ANODIZADOS POR PLASMA QUÍMICO

Adriana Lemos, Agustín Cerliani, Kyung Kang, Juan Echarri, Carlos Llorente, Pablo Bilmes, Nicolás Scarano, Luciano Borasi

**14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.** *Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc.*

Curso: "Taller de Revisión por la Dirección" GC19

Lugar IRAM, CABA

Aprobación: Asistencia

Financiamiento: UNLP

Fecha: septiembre de 2013

**15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.** *Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.*

Institución otorgante: CICPBA  
Resolución  
Monto: \$ 6000  
Duración: 1 año- 2013  
Participación: Director X

Institución otorgante: CICPBA  
Resolución  
Monto: \$4300  
Duración: 1 año-2012  
Participación: Director X

Título: 11/I-145 "Ingeniería de Corrosión y Tecnología Electroquímica"  
Institución otorgante: Ministerio de Educación  
Resolución: 74/2011  
Convenio: Programa de incentivos docentes  
Monto: 15.500 \$ / año (promedio en el período)  
Duración: 4 años, período 2010-2013  
Participación: Co-Director

**16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO.** *Describir la naturaleza de los contratos con empresas y/o organismos públicos.*

**17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**

**18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA.** *Indicar las principales gestiones realizadas durante el período y porcentaje aproximado de su tiempo que ha utilizado.*

Durante el período que se informa, se colaboró con diversos organismos científico-técnico, realizando las siguientes actuaciones:

-Miembro de la Comisión de la Carrera de Ingeniería en Materiales, Facultad de Ingeniería –UNLP. Designación a partir del 2010, por cuatro años. Carga horaria variable.

-Miembro del Consejo de Profesores para Doctorado y Magíster de la Escuela de Postgrado y Educación Continua. Facultad de Ingeniería – UNLP. Resolución 1074, octubre de 2004-2014. Renovación de designación: 18 abril de 2012. . Carga horaria variable.

-Director del Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física (LIMF), Área Departamental de Mecánica, Facultad de Ingeniería – UNLP. (Resolución N° 467/10 Facultad de Ingeniería, UNLP), desde el 17 de mayo del 2010 al 17 mayo del 2014

•Evaluador de proyectos del programa de incentivos presentados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Diciembre de 2013, febrero de 2014.

•Revisor Científico del Journal of Materials Engineering and Performance, ASM International, ISSN: 1059-9495 (Print) 1544-1024 (Online), 2012, 2013, 2014

Evaluador de Proyecto correspondientes a la V Convocatoria de Fondos Concursables para la presentación de proyectos a ser financiados con recursos de IDH 2013 – 2014. Departamento de Investigación, Postgrado e Interacción Social, DIPGIS, de la Universidad Mayor de San Andrés, UMSA, BOLIVIA. www.dipgis.umsa.bo. Agosto de 2013

EVALUADOR de PROYECTO PICT Tipo "B" Jóvenes Investigadores , Area Tecnológica Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva. Agencia Nacional de Promoción Científica, febrero de 2014

Miembro de Comisiones asesoras de Concursos de Profesores Regulares:

Asignatura: Cátedra Materiales

Asignatura: Área Electroquímica

Facultad de Ingeniería – UNLP, mayo de 2014.

**19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO.** *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*

POSTGRADO

Tipo de Curso: POSTGRADO

LOS ACEROS INOXIDABLES: Fundamentos metalúrgicos, soldadura y aplicaciones

Carga horaria total: 30 hs

Segundo semestre de 2012

Segundo semestre de 2013

Número de alumnos:

2012:30

2013:14

Docentes a cargo del dictado: Dr. Ing. Pablo D. Bilmes, Ing. Carlos L. LLorente

Tipo de Curso: Capacitación

Tratamientos Térmicos y Soldaduras de los aceros al Carbono

Curso Organizado con la Dirección de Enseñanza Técnica

Carga horaria total: 40 hs

Segundo semestre de 2012 y 2013 Número de alumnos: 15

Docentes a cargo del dictado: Dr. Ing. Alfredo GONZALEZ, Ing. Carlos L. LLorente

DE GRADO

Asignatura: 1er Semestre M 626.- TECNOLOGIAS DE UNION DE MATERIALES

Carga horaria total:80 hs

Número de alumnos: 27

Docentes que lo acompañan o tiene a cargo

Ing. Héctor Pagani (JTP-DS)

Mg. Ing. Francisco Martínez Garro (JTP-DS)

Ing. Michay Gomez (AD-DS)

Asignatura:1er. Semestre M0601.- TALLER DE MATERIALES

Carga horaria total: 48 hs

Número de alumnos: 17

Docentes que lo acompañan o tiene a cargo: Ing. Kyung Won Kang

Asignatura: 2do Semestre M 626.- TECNOLOGIAS DE UNION DE MATERIALES

Carga horaria total:80 hs  
Número de alumnos: 30  
Docentes que lo acompañan o tiene a cargo  
Ing. Héctor Pagani (JTP-DS)  
Mg. Ing. Francisco Martínez Garro (JTP-DS)  
Ing. Michay Gomez (AD-DS)

**20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES.** *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

**21. TITULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.** *Desarrollar en no más de 3 páginas. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

El presente plan de trabajo forma parte del Proyecto: INGENIERÍA DE CORROSIÓN Y TECNOLOGÍA ELECTROQUÍMICA APLICADAS AL DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES, acreditado a través del Programa de Incentivos a la Investigación - UNLP. Período: 2014-2017.

Director: Dr. Claudio Gervasi

Co Director: Ing. Carlos L. Llorente

Corrosión de aceros inoxidables y titanio y aleaciones.

Las evaluaciones de corrosión tienen por lo general dos objetivos básicos: predecir la compatibilidad antes de utilizar un material en un dado medio corrosivo y permitir entender por qué se observó una dada interacción material-medio. Bajo estas circunstancias, las técnicas electroquímicas representan una alternativa ideal para una predicción rápida y precisa o una evaluación del comportamiento frente a la corrosión de una aleación metálica. Su aplicabilidad surge del hecho que la mayoría de los procesos de corrosión acuosa que involucran metales requiere de una transferencia de carga a través de la interfase aleación-solución. La mejor estrategia (y la seleccionada aquí) es aplicar varias técnicas independientes, algunas que pueden ser no electroquímicas, para resolver el mismo problema.

a) Corrosión de soldaduras de aceros inoxidables superausteníticos de alto desempeño del tipo UNS N08367 (AL-6XN).

Actualmente, el acero inoxidable UNS N08367 es uno de los más resistentes a la corrosión en los medios industriales más agresivos. Es un acero inoxidable austenítico de bajo carbono y alta pureza con muy altos contenidos de Mo y N. Si bien fue diseñado para servicios en agua de mar, ha demostrado ser resistente a una amplia gama de ambientes extremadamente corrosivos, comunes en las industrias químicas y petroquímicas. Este acero se plantea como una mejor opción frente a los aceros inoxidables dúplex convencionales y a las costosas superaleaciones base níquel, compitiendo con considerables menores precios y convirtiéndose en una alternativa más rentable.

Asimismo, aunque a mayor precio inicial, es una alternativa rentable a largo plazo frente a los clásicos aceros inoxidables AISI 316 de bajo molibdeno de considerable menor resistencia mecánica y a la corrosión que el AL6XN. Sus excelentes características de formabilidad y soldabilidad permiten todo tipo de manufacturas a través de las más

diversas tecnologías de fabricación para hornos, recipientes a presión y equipos y componentes estructurales industriales. El alto contenido de níquel y molibdeno de este acero (de incipiente uso en nuestro país), proporciona mayor resistencia a la corrosión bajo tensiones. Su contenido de cobre residual mejora el comportamiento en medios con altas concentraciones de cloruros. La composición de alta aleación de la aleación AL-6XN (Cr-Ni-Mo-N-Cu) resiste a la corrosión por picado y rendija en soluciones oxidantes cloradas en grados alcanzados previamente solo por las aleaciones de titanio y las superaleaciones base níquel.

Los aceros AL-6XN son ideales para aplicaciones tales como: recipientes para procesos químicos y petroquímicos y plantas de potencia, tanques y tuberías sistemas de proceso para plataformas offshore de gas y petróleo, condensadores, intercambiadores de calor y tuberías que contienen agua de mar o crudos corrosivos, arandelas de filtro, cubas y prensa rodillos en pulpa para blanqueo en la industria del papel, columnas de destilación y equipos para desalinización tuberías para sistemas de servicios de agua para plantas de energía nuclear, transformadores expuestos a ambientes marinos, equipos farmacéuticos que requieren muy alta pureza del producto, equipos para procesado de alimentos.

No obstante todos estos atributos y como ocurre con todos los materiales tecnológicos, las tecnologías de fabricación y las condiciones con las que ellas se aplican (conformado, soldadura, etc) junto a las condiciones del servicio (según sean las temperaturas, medios corrosivos, contaminantes, etc.) pueden afectar su estabilidad metalúrgica y propiedades, de modo de alterar sus óptimos desempeños, en particular frente a la corrosión. Por ello es esencial tener presente las precauciones en cada caso, atendiendo a las pautas y recomendaciones que el estado del arte plantea, y que no siempre llegan a buen puerto toda vez que no se cuente con el apropiado conocimiento metalúrgico y de comportamiento a la corrosión de estos aceros. En este sentido, la soldadura (más del 75% de los componentes estructurales de instalaciones y equipos industriales se fabrican con esta tecnología) de estos aceros presenta tendencia a la segregación química de molibdeno en el metal de soldadura y más específicamente en la zona fundida no mezclada (unmixed zone) inmediata a la zona afectada por el calor junto al metal fundido. Así, una merma en el contenido de molibdeno puede conducir a daños por corrosión por picado y fallas relativamente rápidas de las uniones que conducen al colapso de la estructura. Por ello existen diversas alternativas de metales de aporte con muy alto molibdeno que mitigan el problema pero no siempre lo resuelven totalmente (la mejor elección no es simple ya que depende de las limitaciones del proceso de fabricación, de la disponibilidad en el mercado del tipo de aporte específico y del tipo particular de servicio del componente soldado). Al presente, las alternativas de tipos de metales de aportes se han incrementado pero no existe una solución universalmente aceptada. De modo que estos inconvenientes se mantienen, lo cual amerita investigar el tema para clarificar cómo y por qué ocurren los daños, cuáles son sus relaciones causa-efecto y cuáles son las efectivas acciones de mitigación y prevención de daños por corrosión en esas regiones soldadas segregadas que se comportan como "talón de aquiles".

[1] ASME SA-240, SB-688, ASTM A 240, B 688, AL-6XN® Alloy, UNS N08367.

[2] Metrode Products LTD, filler materials for 6% Mo super austenitic stainless steels, issue 3, August 2005.

[3] Corrosion behavior of welded stainless steel, T.G.Gooch, Weld. Res. Journal, May 1996, 135s-153s

[4] Basic Understanding of Weld Corrosion, 2006 ASM International, Corrosion of Weldments (num05182G), www.asminternational.org.

- [5] Microstructural evolution and weldability of dissimilar welds between a superaustenitic stainless steel and nickel-based alloys, J.N Dupont, S. W. Banovic, and A.R. Marder, *Welding Journal*, June 2003, 125s-135s.
- [6] Unmixed zones in arc welds: significance on corrosion resistance of high molybdenum stainless steels, Lundin, C. D., Liu, W., Zhou, G., and Qiao, C. Y. 1998. *Welding Research Council (WRC), Bulletin No. 428*. New York, N.Y.:WRC.
- [7] Dilution control in GTA welds involving super austenitic stainless steels and nickel base alloys 7. Banovic, S. W, DuPont, J. N., and Marder, A. R. 2001.. *Metallurgical and Materials Transactions B* 1171–1176.
- [8] Dilution and microsegregation in dissimilar welds between superaustenitic stainless steel and Ni-base alloys, Banovic, S. W., DuPont, J. N., and Marder, A. R. 2001. *Science & Technology of Welding and Joining*.

- b) Modificación y caracterización del estado superficial y efectos sobre la interacción implante-medio biológico, de titanio y aleaciones de titanio para implantes dentales.

La capacidad de los biometales y bioaleaciones para ser utilizados como biomateriales manteniendo aceptables características de biocompatibilidad, biofuncionalidad, bioadherencia, resistencia a la corrosión, etc, es en gran medida dependiente de las características superficiales de los mismos. Existen diferentes métodos y procedimientos de tratamientos superficiales que se aplican en estos biomateriales, incluso en función de las aplicaciones particulares de los mismos, tal como los biomateriales de titanio utilizados para implantes dentales.

Mientras que la biofuncionalidad o comportamiento biomecánico de este tipo de biomateriales para implantes están gobernadas por las propiedades en volumen, la interacción con el medio biológico está determinada por las características de las capas superficiales que se formen. En este sentido, toda vez que se quiera conocer la aptitud de estos biomateriales con diferentes tratamientos superficiales y/o recubrimientos para aplicación en diferentes tipos de servicios y solicitudes, resulta necesario caracterizar las capas superficiales formadas en cuanto a composición química, micro y/o nanoestructuras, rugosidades, espesores de capa; y sus correlaciones con las propiedades fisicoquímicas, bioadherencia, biocompatibilidad, corrosión, etc. Debe destacarse que los diferentes métodos de tratamiento y recubrimiento superficial pueden generar distintos tipos de capas superficiales que a su vez determinen diferentes comportamientos frente al medio biológico, incidiendo incluso muchas veces en los comportamientos biomecánicos.

- [1] Trigwell S., Selvaduray G., "Effect of Surface Treatment on the Surface Characteristics of AISI 316L Stainless Steel", in *Proceedings of Materials & Processes for Medical Devices Conference*, November 2005, Boston Massachusetts, USA.
- [2] Bordji,K.,J-Y Jouzeau, D.Mainard, E. Payan, J-P Delagouttr and P. Netter, "Evaluation of the effect of three surface treatments on the biocompatibility of 316L stainless steel using human differentiated cells", *Biomaterials*, v17, n5, march 1996, p 491-500.
- [3] Shih, C.C., Shih C.M., Su Y.Y., Su H.J. Chang M.S. and Lin S.J., "Effect of surface oxide properties on corrosion resistance of 316L stainless steel for biomedical applications", *Corrosion Science*, v46, n2, February 2004, p 427-441.
- [4] Trigwell S. and Selvaduray G., "Effects of surface finish on the corrosion of NiTi alloy for biomedical applications", *Proc. 2nd Intl. Conf. on Shape Memory and Superelastic Technologies*, 2-6 march, 1977, Asilomar, California, p 383-388.

- [5] M.I.Sarró, O. Alemán, D.A.Moreno, M.Roso y C.Ranninger, "Influencia de la Composición química, del tratamiento térmico y del acabado superficial en el bioensuciamiento de aceros inoxidable", Rev. Metal. Madrid 40, 2004, p 21-29.
- [6] Giordani E.J., Guimaraes V.A., Pinto T.B. and Fereira I., "Propriedades de corrosao de dois aços inoxidáveis austeníticos utilizados como biomateriales", Jornadas SAM/CONAMET/Simposio Materia 2003, p 870-873.
- [7] L. Le Gu'éhennec, A. Soueidan, P. Layrolle, Y. Amouriq, Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration, Dental Materials, 23 (2007) 844-854.
- [8] T. Kokubo, H. Takadama, How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity?, Biomaterials, 27 (2006) 2907–2915.

Objetivos y aporte original al tema:

- a) Corrosión de soldaduras de aceros inoxidables superausteníticos de alto desempeño del tipo UNS N08367 (AL-6XN).

Conocer en detalle aplicando técnicas electroquímicas y metalografía analítica fina, cómo se desarrolla en un dado medio corrosivo la interacción soldadura-medio corrosivo.

Optimizar las especificaciones de procedimientos de soldaduras de estos materiales con vistas a mejorar la integridad estructural y desempeño de componentes y equipos en ambientes corrosivos severos (químicos, petroquímicos, offshore, etc.).

- b) Modificación y caracterización del estado superficial y efectos sobre la interacción implante-medio biológico, de titanio y aleaciones de titanio para implantes dentales.

El aporte previsto al tema se relaciona con la caracterización de la influencia que el estado superficial tiene en el desarrollo de películas pasivantes anticorrosivas, adherentes y bioactivas.

**PLAN DE TRABAJO:**

El Ti grado 4 y 5 (Ti c.p. y Ti-6Al-4V ELI, respectivamente) son considerados como unos de los mejores materiales para implantes dentales debido a su excelente biocompatibilidad, biofuncionalidad y resistencia a la corrosión. La respuesta del organismo humano y a la osteointegración sobre los mismos está determinada por la interacción entre los tejidos-fluidos humanos y el implante. En general, se ha establecido que esta interacción puede ser mejorada con distintos tratamientos superficiales. Entre los mismos se encuentran el anodizado, blastinado, etching químico y el más novedoso anodizado por plasma químico (APQ); el único tratamiento que produce una capa bioactiva, rica en fosfatos de calcio (hidroxiapatitas) (HA).

Existen varias maneras de caracterizar las superficies obtenidas luego de los distintos tratamientos superficiales. Entre ellas, se utiliza la medición de microdureza de las películas formadas y/o las modificaciones generadas en la subestructura debidas al tratamiento superficial. Junto con estas evaluaciones se hace necesario un análisis metalográfico analítico fino de las superficies y de las secciones transversales. Otro tipo de análisis se realiza mediante la evaluación de la adhesión de las películas formadas lo cual sirve para determinar la resistencia de las mismas. Por otro lado, los ensayos in-vitro a partir de la inmersión del material tratado en medios fisiológicos simulados (SBF) permite la evaluación de la bioactividad de los distintos tratamientos a través de la nucleación y crecimiento de hidroxiapatita. La misma se caracteriza con distintas técnicas tales como la medición de la rugosidad en forma sistemática para diferentes

tiempos de inmersión, la composición de la hidroxiapatita (relaciones Ca/P), el espesor, etc. También puede determinarse el tipo y cantidad de iones liberados desde el material al fluido fisiológico simulado.

#### Tareas

- Se seleccionarán y aplicarán diversos tratamientos superficiales (anodizado, blastinado, etching químico y anodizado por medio de plasma químico y éstos en conjunto. Estos se efectuarán sobre superficies de titanio puro y aleado con diferentes tratamientos (as-received mecanizado, con pulido mecánico, con blastinado, en conjunto)
- Se caracterizarán estas superficies por técnicas tales como: ESEM-EDS, XPS, estereometría SEM, rugosimetría, ensayos de adherencia, microdureza, etc.
- Se evaluará el comportamiento de estas superficies mediante ensayos de bioactividad y frente a la corrosión en medios biológicos simulados mediante técnicas electroquímicas; correlacionando las características superficiales / tratamientos aplicados / comportamientos frente a la corrosión y en un medio biológico.
- Discusión e interpretación de los resultados y análisis comparativos.

En los que respecta al comportamiento a la corrosión de soldaduras de aceros inoxidables superausteníticos de alto desempeño del tipo AL6XN se utilizarán chapas de 1" de espesor de acero de baja aleación con "cladding" superficial (5 mm) por soldadura por explosivos de este acero AL6XN, que habitualmente requiere la unión superficial de los bordes de los paneles soldados por explosivos de AL6XN (AL-6XN ha sido asignada como material P-Nº45 en la sección IX del código de fabricación ASME de recipientes a presión) mediante aportes de alto molibdeno de Fe-Cr-Ni-Mo (Alloy 20, 800, 825, 904L).

- Se realizarán diversas especificaciones de procedimiento de soldadura y se aplicarán las mismas.
- Se evaluarán las calidades de las mismas mediante ensayos no destructivos y destructivos y se caracterizarán las microestructuras de las soldaduras y sus regiones, unmixed zone, ZAC, MB y MS (especialmente en lo referente a segregaciones químicas) mediante microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido analítica y técnicas de microdureza.
- Se evaluará el comportamiento de las soldaduras frente a la corrosión en soluciones acuosas con diferentes contenidos de cloruros, niveles de pH y contaminantes mediante técnicas electroquímicas; correlacionando las especificaciones de los procedimientos de soldadura (diseño de junta, metal de aporte, parámetros operativos de corriente, voltaje, velocidad, oscilación de las pasadas finales, etc.) / características microestructurales de las soldaduras obtenidas / comportamientos frente a la corrosión.

Proyecto Nº4 Desarrollo, Prototipeado y Fabricación de Componentes en Serie para Aerogeneradores de Alta Potencia

FONARSEC FITS 2013 Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) Durante el próximo período, como integrante del proyecto: Desarrollo y Fabricación de Aerogeneradores de Alta Potencia, en la convocatoria del FONARSEC: FITS2013, aprobado y financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, se trabajará en las actividades de especificación y caracterización de los materiales.

Elaboración de Especificaciones de Procedimiento de Soldadura (EPS), en las calificaciones de dichos procedimientos y en la especificación de los tratamientos térmicos post soldadura..

Asimismo, mediante la adquisición de los equipos comprometidos en el presente proyecto se trabajará en la instalación y capacitación para el manejo de los mismos.

---

**Condiciones de la presentación:**

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
- Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
  - Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda "Informe Científico Período ....."
  - Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
- Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [infinvest@cic.gba.gov.ar](mailto:infinvest@cic.gba.gov.ar) (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  - En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.

---

**Nota:** El Investigador que desee ser considerado a los fines de una promoción, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.