TRATER Press

ABRIL 2014 • Nº 40

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

insertec

Hornos y Refractarios

SOLUCIONES PARA EL

Tratamiento Térmico

Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.

Avda. Cervantes, 6 - 48970 BASAURI - Vizcaya, Spain
Tel.: + 34 944 409 420 • FAX: + 34 944 496 624
e-mail: insertec@insertec.biz - **www.insertec.biz**

THINK BIG THINK BIEMH

28 BIEMH

BIENAL ESPAÑOLA
DE MÁQUINA-HERRAMIENTA

2-7 JUNIO 2014

Una gran feria con grandes soluciones para hacer grandes negocios, donde **el expositor es el protagonista.**

BIEMH PREVIEW
PRESENTATION & NETWORKING

Encuentros comerciales
internacionales previos al certamen

Colaboran

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO
EKONOMIAREN GARAPEN ETA LEHIAKORTASUN SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y COMPETITIVIDAD

AIMHE
ASOCIACIÓN DE IMPORTADORES DE MÁQUINA - HERRAMIENTA

Organizan

AFM Advanced Manufacturing Technologies
www.afm.es

BEC! BILBAO EXHIBITION CENTRE
EXPOSSIBLE!
www.biemh.com

Nuestra Portada

Nuestro programa de fabricación incluye aplicaciones de tratamiento en:

- Metales Férricos y No Férricos.
- Trabajo en Continuo o Intermitente.
- Con o sin Atmósferas Protectoras.
- Con calentamiento Eléctrico o a Gas.

Tipos de Hornos para estas Aplicaciones y Procesos:

- Horno de Carro.
- Horno de Campana.
- Horno de Cámara.
- Máquina de Cargar.
- Horno de Cinta "Cast Link"
- Horno de Cinta de Malla.
- Horno de Pote.
- Horno de Tambor.
- Horno de Empuje.
- Horno de Solera de Rodillos.
- Horno con Tanque de Temple incorporado.
- Horno de Solera Giratoria.
- Horno de Retorta Rotativa.
- Estufas con recirculación.
- Equipos para Calentamiento.
- Horno de Vacío.
- Equipos Auxiliares.

Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.
Avda. Cervantes, 6 - Basauri, Vizcaya, Spain
Tel.: 34-944 409 420 / Fax: 34 - 944 496 624
www.insertec.biz
e.mail: insertec@insertec.biz

Sumario • Abril 2014 - Nº 40

Editorial 2

Noticias 4

Feria Internacional de Fundición en el WFC • Ferroforma 2015 se celebrará de forma simultánea a la Cumbre Industrial • Nuevo catálogo BRAMMER 2014 • AECIM incorpora el Área de Seguros para Empresas a su oferta de servicios • UTTIS Industries SRL y NOXMAT GmbH forman alianza • Fedit cambia de sede social • XtremeCOAT 2014.

Artículos

- Fórum de ARCAS - *Por Juan Martínez Arcas* 10
- CONFEMETAL pide salarios vinculados a la evolución de la economía y el empleo, a la productividad y a la competitividad 12
- Testo con la eficiencia energética 14
- Las cajas de válvulas compactas marcan la tendencia a seguir 16
- La energía eléctrica cuyo consumo en la industria metalúrgica, merma actualmente su competitividad - *Por Manuel Gómez* 18
- Procesos de nitrocarburación como alternativa al cromo duro - *Por Edgart González y Nuria Martí* 20
- Aerospace and Defense Meetings Sevilla 2014 29
- INSERTEC, LORAMENDI y TECNALIA crean una nueva empresa para impulsar el sector de la fundición 32
- Grupo SECO/WARWICK 34
- Algunas consideraciones sobre los aceros inoxidables frente a la corrosión - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz* (†) 37

EMPLEO 51

Guía de compras 52

Indice de Anunciantes 56

Síguenos en

Director: Antonio Pérez de Camino
Publicidad: Carolina Abuin
Administración: María González Ochoa

PEDECA PRESS PUBLICACIONES S.L.U.
Goya, 20, 4º - 28001 Madrid
Teléfono: 917 817 776 - Fax: 917 817 126
www.pedeca.es • pedeca@pedeca.es

ISSN: 1888-4423 - Depósito legal: M-53065-2007
Diseño y Maquetación: **José González Otero**
Creatividad: **Víctor J. Ruiz**
Impresión: **Villena Artes Gráficas**

Redactor honorífico: José María Palacios

Colaboradores: Manuel A. Martínez Baena, Juan Martínez Arcas y Jordi Tartera

Por su amable y desinteresada colaboración en la redacción de este número, agradecemos sus informaciones, realización de reportajes y redacción de artículos a sus autores.

TRATER PRESS se publica seis veces al año: Febrero, Abril, Junio, Septiembre, Noviembre y Diciembre.

Los autores son los únicos responsables de las opiniones y conceptos por ellos emitidos.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de cualquier texto o artículo publicado en TRATER PRESS sin previo acuerdo con la revista.

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

Sigue aumentando la venta de vehículos, tanto automóviles, como motocicletas, como vehículos industriales.

En cuanto a los automóviles, aumenta la venta un 10% en marzo y un 11,8% en el cómputo del primer trimestre.

En cuanto a las motocicletas, aumenta la venta un 45% en marzo y un 25% en el cómputo del primer trimestre.

Y en cuanto a vehículos industriales, aumenta la venta un 51% en marzo y un 41% en el cómputo del primer trimestre.

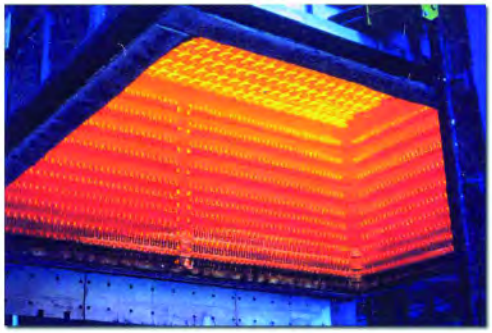
Estos datos no serían importantes si no se complementa con que la producción española también ha aumentado un 9%.

Esto significa que en nuestro sector del tratamiento térmico, tan importante para el automóvil, estas cifras de producción tarde o temprano, acabarán influyendo en más trabajo para nuestras empresas.

Este número de la revista se distribuirá durante el **World Foundry Congress de Bilbao**. Y el próximo número recordarles que será el especial **BIEMH** (Bilbao).

Antonio Pérez de Camino

Hornos
Laboratorio e industriales



Quemadores
recuperativos y regenerativos

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

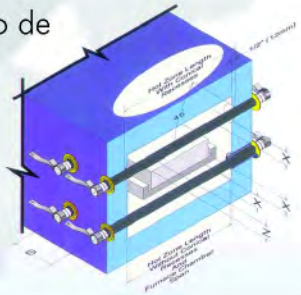
AEG
Power supply systems

Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic

Sonda Lambda

Carburo de Silicio



Fabricación de resistencias,
en hilo o pletina conformadas a medida segun plano.

MoSi2 (Hasta 1800ºC)

interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

P.I. Sangróniz, Iberre 1-M5
E-48150 SONDICA (Vizcaya)
Tel: 94 453 50 78 Fax: 94 453 51 45
bilbao@interbil.es

www.interbil.es

SYSTEM CERTIFICATION ISO 9001:2000 SGS ACREDITADO POR ENAC

Feria Internacional de Fundición en el WFC

La Feria Internacional de Fundición es una de las actividades principales que componen el programa completo del 71 Congreso Mundial de Fundición. La muestra se convertirá en el punto de encuentro donde compañías nacionales e internacionales del sector de fundición presentarán sus últimas novedades, productos y servicios.

Empresas referentes mundiales en la materia como ASK Chemicals, Loramendi, Aurrenak, Foseco, Insertec Hornos y Refractarios, Inductotherm, Hüttenes-Albertus, Hermann Otto Suderow, Otto Junker, Gustav Eirich, IK4-Azterlan, Euskatfund, Omega, ESI Group, Exone GmbH, Spectro, Materialise, Labecast, Vitex, Deguisa, Saint Gobain, Thermo Fisher, Ditemsa, Eccomelt, Faro Spain, Simulaciones y Proyectos y la Organización Mundial de Fundición, entre otros, han confirmado su participación.

El interés mostrado por parte de la industria ha sido tan destacado que más del setenta por ciento de los 810 m² disponibles ya han sido reservados. Un nivel de ocupación que se verá incrementado en las próximas semanas, debido a las negociaciones que en la actualidad se encuentran en curso.

La organización del Congreso con el apoyo de diferentes asociaciones, y con el objetivo de dinamizar y garantizar el éxito de la feria, ha previsto diferentes actividades como misiones comerciales inversas, delegaciones comerciales internacionales, presencia de visitantes con capacidad de decisión, además de cuidar al detalle la ubicación de la muestra junto a las salas de conferencias y su diseño, proyectado para maximizar el flujo de asistentes y las interacciones técnicas y comerciales, entre otras acciones.

La Feria Internacional de Fundición atraerá una extensa actividad económica y comercial con la presencia de un amplio número de gerentes, representantes comerciales, compradores de componentes fundidos, centros tecnológicos y de conocimiento, instituciones públicas, cámaras de comercios, círculos de empresarios, así como las principales empresas del sector de fundición y metal mecánico.

Info 1

Ferroforma 2015 se celebrará de forma simultánea a la Cumbre Industrial

Con la intención de sumar nuevos grupos profesionales, usuarios y prescriptores de valor estratégico para el certamen, la próxima edición de Ferroforma se celebrará de forma simultánea a otras ferias de carácter industrial y que forman parte del calendario de Bilbao Exhibition Centre: la Cumbre Industrial y Tecnológica, y Fitmaq. Los eventos se llevarán a cabo del 26 al 29 de mayo de 2015.

Convocar de forma paralela estos certámenes permitirá crear una plataforma comercial más amplia para todas las empresas, con sinergias intersectoriales, que atraerá a Ferroforma a un nuevo perfil de visitante relacionado, principalmente, con las industrias de aeronáutica, automoción, ferroviaria, naval, máquina-herramienta, electrodomésticos y agrícola. Estos prescriptores, con un alto nivel de decisión en la compra de material para las empresas, responden a la categoría de director de mantenimiento, director técnico, de calidad y de producción, entre otras.

La nueva sectorización de Ferroforma, que se dividirá en dos áreas denominadas “Industry” y “Home”, contribuirá a ofrecer un esquema expositivo más claro. En él se reforzará la vertiente industrial con la muestra de productos de suministro industrial, herramienta manual y electroportátil, cerrajería, maquinaria para madera, equipos de protección laboral, suministros para la construcción, y como sectores nuevos, el mantenimiento industrial, la logística, la manutención industrial y los suministros al automóvil. Por su parte, el área de aplicación doméstica incluirá cerrajería doméstica, droguería, decoración, iluminación y pequeño material eléctrico, baño y fontanería, menaje, jardín, mueble de madera, ferretería, textil y productos de bricolaje del automóvil.

La organización de Ferroforma ha tomado esta decisión de forma consensuada con los principales agentes del sector, en la búsqueda de un nuevo impulso para el certamen y un mayor aprovechamiento industrial, tanto para los expositores como para los propios visitantes. Los volúmenes de participación, acumulados, de esta triple cita se situarían en torno a las 1.400 firmas expositoras y 24.000 visitantes.

Info 2

DISEÑANDO Y FABRICANDO
HORNOS Y ESTUFAS
INDUSTRIALES
DESDE 1945

HORNOS ALFERIEFF

contabiliza la construcción de más

de 1100 hornos, por ello, contamos hoy

con una renombrada experiencia en

el campo de los hornos industriales

CONSTRUYENDO FUTURO

▶ AERONÁUTICA ▶ ESPACIO ▶ FERROCARRIL ▶ NAVAL ▶ AUTOMOCIÓN ▶ EÓLICA ▶ FOTOVOLTAICA ▶ TERMOSOLAR ▶ ELÉCTRICO ▶ I. PESADA

HORNOS ALFERIEFF®

HEA

Email: hornos@alferieff.com · **www.alferieff.com**

Nuevo catálogo BRAMMER 2014

Brammer, principal distribuidor europeo de productos y servicios de Mantenimiento, Revisión y Reparación (MRO), ha publicado un nuevo catálogo para Europa de productos generales de mantenimiento.

Impreso en 9 idiomas y distribuido en 16 países de la zona, el nuevo catálogo muestra la voluntad de Brammer de expandir su cuota en el mercado de herramientas y productos generales de mantenimiento, al ofrecer a sus clientes un portfolio de productos aún más extenso.

Esta nueva edición representa una ampliación de la inicial, de 2013, que fue en su día el primer catálogo europeo de este tipo de herramientas y productos.

El actual catálogo de 2014 cuenta con 792 páginas adicionales, en las que se añaden 16.818 artículos y se incorporan 34 nuevos proveedores.

Además, se han utilizado para su impresión 166 toneladas de papel procedente de fuentes sostenibles.

Con más de 34.000 referencias procedentes de las 48 mejores marcas mundiales, el catálogo ofrece un amplísimo abanico que cubre desde lubricantes, equipos de protección individual o adhesivos hasta herramientas manuales.

Proveedor líder en Europa de productos de MRO de calidad, Brammer tiene 350 puntos de distribución en 19 países europeos.

Un profundo conocimiento de las diversas industrias y de las necesidades y retos en MRO de sus clientes ha permitido a Brammer generar a éstos un ahorro superior a los 55 millones de euros en 2013.

Philippe Hervieux, Manager de Herramientas y Productos Generales de Mantenimiento de Brammer Europa, ha explicado que "el nuevo catálogo permitirá a nuestros 100.000 clientes en Europa acceder a una gran familia de productos de mantenimiento en constante crecimiento, que incluye desde EPIs, herramientas manuales y eléctricas, o lubricantes, hasta productos de higiene y limpieza."

Info 3

AECIM incorpora el Área de Seguros para Empresas a su oferta de servicios

La Asociación de Empresas del Metal (AECIM) ha puesto en marcha el Servicio de Seguros especializado en Empresas.

Desde este nuevo departamento se atenderán las necesidades de las empresas asociadas en esta materia, ofreciendo asesoría técnica especializada en el sector asegurador de la mano de profesionales de dilatada experiencia en nuestro sector.

aecim empresas del metal de madrid

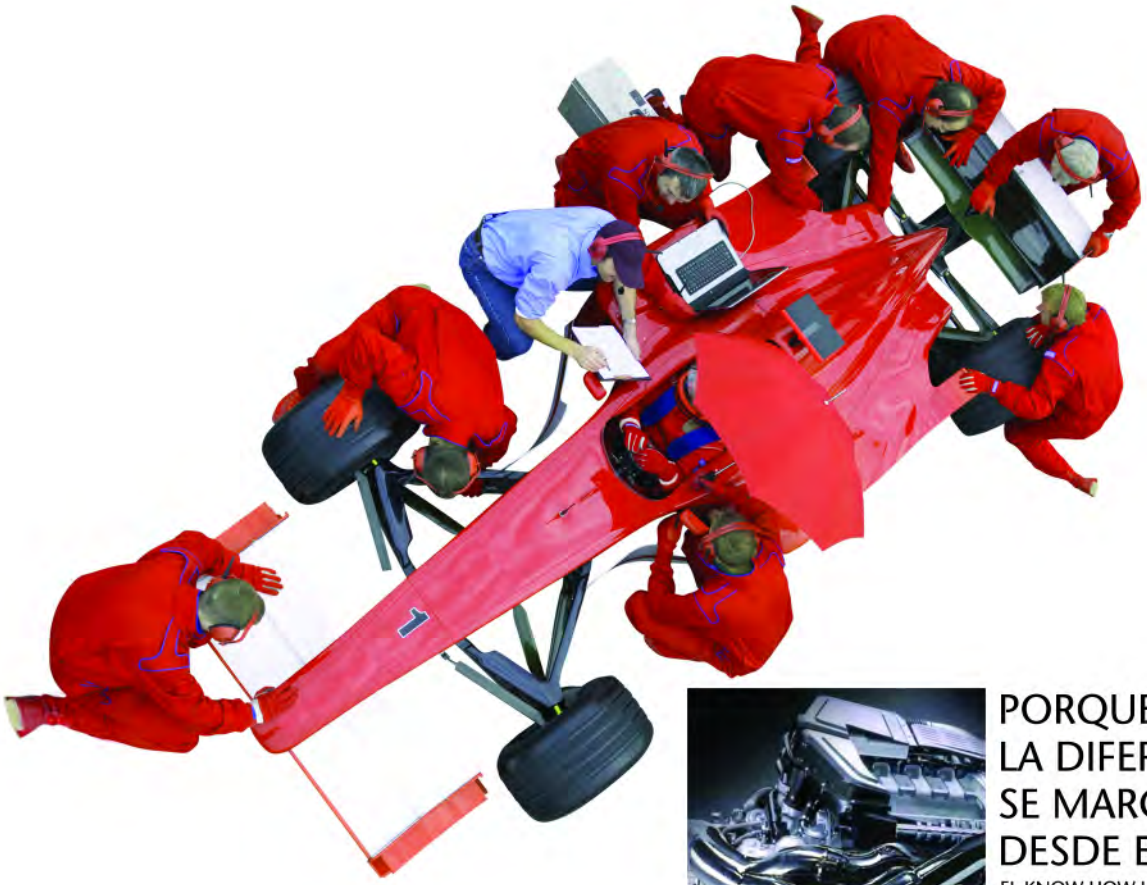
El abanico de servicios que incorporan desde este área comprende desde consultoría, promoción y asesoramiento de seguros independiente, acuerdos especiales para las necesidades de las asociaciones y sus miembros, servicio personalizado de auditoría y gestión de riesgos o gestión integral de la cuenta de seguros.

A través del conocimiento de las necesidades de los asociados, se ofrecerá desde este departamento una amplia gama de servicios específicos, con condiciones especiales en:

- Multirriesgo industriales, pymes, comercios, oficinas...
- Riesgos industriales en ramos técnicos (maquinaria, equipos electrónicos, transporte de mercancías...).
- Servicios medioambientales.
- Responsabilidad Civil Empresarial, Profesional y de Directivos.
- Colectivos de accidentes, salud, vida y pensiones.
- Flotas de vehículos.

Este nuevo departamento se suma a la amplia gama de servicios que AECIM venía ofreciendo a sus asociados, con el objetivo de cubrir una necesidad específica existente en nuestro sector.

Info 4



PORQUE
LA DIFERENCIA
SE MARCA
DESDE EL PRINCIPIO

EL KNOW HOW UNIDO AL CUIDADO DE LAS PRIMERAS FASES DE FABRICACION MARCAN LA CALIDAD, FIABILIDAD Y DURABILIDAD FINAL DEL PRODUCTO.

MEDIANTE HORNOS DESARROLLADOS, INSTALADOS Y MANTENIDOS POR ARROLA SE FABRICAN COMPONENTES PARA LA MAS ALTA COMPETICION.

ARROLA®
SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

SERVICIO INTEGRAL

PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TERMICO Y GALVANIZADO EN CALIENTE

DISEÑO Y FABRICACION DE INSTALACIONES - ASISTENCIA TECNICA
METROLOGIA Y CALIBRACION - CONTROL DE ATMOSFERA
SISTEMAS INFORMATICOS PARA CONTROL Y REGISTRO DE DATOS

POLIGONO INDUSTRIAL ARGIXAO, PAB. 60
E 20700 ZUMARRAGA (GIPUZKOA) SPAIN
TEL. (+34) 943 72 52 71 FAX. (+34) 943 72 56 34
info@arrola.es www.arrola.es

UTTIS Industries SRL y NOXMAT GmbH forman alianza

Las dos empresas desean informar, que desde el pasado mes de febrero, la empresa constructora de hornos industriales UTTIS de Rumanía ha cerrado una alianza estratégica con la empresa NOXMAT GmbH productora de quemadores industriales a gas. UTTIS asume el servicio y venta de los quemadores industriales de NOXMAT en Rumanía.

Info 5

Fedit cambia de sede social

Fedit cambia de oficina, a la nueva dirección y teléfono:

Plaza de Castilla, nº3 - 10º D-1
28046 Madrid
Teléfono: (+34) 917 338 360

Info 6

XtremeCOAT 2014

Informamos de la organización del Workshop XtremeCOAT a iniciativa de investigadores del proyecto FUNCOAT. Dicho proyecto, desarrollado dentro del programa CONSOLIDER-INGENIO, se realiza a través de la colaboración de 17 centros relevantes a nivel nacional, y está orientado a la investigación y estudio de técnicas de funcionalización superficial de materiales para diferentes aplicaciones tecnológicas.

XtremeCOAT pretende crear un foro de discusión entre los investigadores, ingenieros y técnicos en los avances más actuales de la ingeniería de superficies, enfocado a las aplicaciones relacionadas con condiciones extremas de trabajo, tales como altas temperaturas, ambientes corrosivos, incluidos los fluidos biológicos, cargas severas, fatiga, fuerte erosión o abrasión, etc.

A través de este mensaje queremos invitaros cordialmente a la participación en este interesante Workshop, que se celebrará en Madrid, el 20-21 de Octubre de 2014 en las instalaciones del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).

El envío de resúmenes es hasta el 15 de Mayo.

Info 7

71ST BILBAO 2014

WORLD FOUNDRY CONGRESS

Advanced Sustainable Foundry

19-21 May 2014 • Euskalduna Conference Centre
BILBAO, Spain

tabira Instituto de Fundición

WFO

IK4 AZTERLAN Research Alliance

OFFICIAL SPONSORS

ASKCHEMICALS We advance your casting

Loramendi

AK aurrenak

FOSECO

Santander

INDUCTOTHERM GROUP EUROPE

insertec Furnaces & Refractories

HA HÜTTENES-ALBERTUS

Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas

Pueden formularnos las preguntas que deseen sobre la problemática de los Tratamientos Térmicos, dirigiéndose a la revista:

Por carta: Goya, 20, 4º - 28001 Madrid - Teléfono: 917 817 776 - Fax: 917 817 126
E-mail: pedeca@pedeca.es

Tanto preguntas como respuestas irán publicadas en sucesivos números de la revista por orden de llegada, gracias a la activa colaboración de D. Juan Martínez Arcas.

Otros intermetálicos

Ninguno de los intermetálicos tratados hasta ahora puede utilizarse a temperaturas por encima de 1.000 °C, a excepción del NiAl cuya temperatura potencial es de 1.050 °C. Fleisher de General Electric hizo una selección de unos 300 compuestos binarios, cuyas temperaturas de fusión estaban comprendidas en el intervalo 1.500-2.500 °C y estudió mediante ensayos de microdureza a alta temperatura, su comportamiento plástico (el estudio de microgrietas generadas alrededor de la huella proporcionada, una medida aproximada de la ductilidad / fragilidad). El criterio a seguir a la hora de seleccionar todos estos materiales, lo que ha de investigarse es fundamentalmente analizar si cumplen los requisitos mínimos para la aplicación a la que va a ser destinado. Además es necesario tener en cuenta las propiedades que se requieren para esa determinada aplicación para estudiarlas. Así, si se está buscando un material para fabricar álabes de turbina para sustituir a las aleaciones monocristalinas de base níquel, es necesario analizar el comportamiento en fluencia a tiempos largos, la estabilidad microestructural, resistencia al ambiente, comportamiento a fatiga mecánica y térmica, resistencia al impacto y proceso de fabricación. Teniendo en cuenta, pues, las posibles aplicaciones industriales, es posible focalizar la investigación y el desarrollo en unos pocos intermetálicos bien seleccionados.

Seguimos con los otros Intermetálicos y sus propiedades

Vemos que la resistencia a la oxidación es una de las más importantes aplicaciones de estos materiales a alta temperatura. Para ello los intermetálicos más atractivos serán aquellos que tengan por tanto un alto contenido de aluminio, cromo y silicio; su objetivo será el de disponer de una buena capa protectora.

No olvidemos que la elección de una estructura cristalina adecuada es importante para conseguir la adecuada plasticidad. En general las estructuras con alta simetría ofrecen mejores expectativas para alcanzar una razonable ductilidad. Podemos afirmar finalmente que una resistencia mecánica a alta temperatura se obtiene con materiales de alto punto de fusión.

Los intermetálicos más prometedores a corto plazo son los aliminuros de titanio y algunos silicuros de elementos de transición y refractáreos.

Después de todo lo expuesto, espero que el interés manifestado por estos compuestos intermetálicos haya cubierto sus expectativas, no obstante hemos de comentar que existe una gran actividad en la línea de estos materiales compuestos de matriz intermetálica, siendo su objetivo conseguir un material con una mayor tolerancia al daño, mediante la elección de un refuerzo que llegue a puntear las fisuras o grietas y como decíamos, con un mejor comportamiento a la fluencia.

HORNOS DE INDUCCIÓN
PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

I-HAZ:
MAXIMIZA EL CONTROL DEL PROCESO

MODO STAND-BY:
MINIMIZA LOS RECHAZOS EN PARADAS Y ARRANCADAS

INDUCTOTHERM GROUP | IBERIA

- Fabricación local con tecnología de última generación
- Servicio de reparación local
- Servicio técnico local altamente cualificado
- Repuestos originales en stock
- Instalación y puesta en marcha
- Asesoramiento técnico

ONDARLAN, S.L.:
+34 943 635079
o visite: www.ondarlan.com
email: oficina@ondarlan.com

INDUCTOTHERM® GROUP

Leading Manufacturers of Melting. Thermal Processing & Production Systems for the Metals & Materials Industry Worldwide.

Worldwide Melting Group Companies
Seaford, Australia; Herstal, Belgium; Sau Paulo, Brazil; Shanghai, China; Droitwich, England; Paris, France; Simmerath, Germany; Ahmedabad, India; Irun, Spain; Kobe, Japan; Busan, Korea; Saltillo, Mexico; Taipei, Taiwan; Istanbul, Turkey; Rancocas, USA

CONFEMETAL pide salarios vinculados a la evolución de la economía y el empleo, a la productividad y a la competitividad

En su Informe de Coyuntura Económica y Laboral correspondiente al mes de marzo, la Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal, CONFEMETAL, pide que la política salarial, al menos para 2015 y 2016, siga vinculada a la evolución de la economía y el empleo, y a la productividad y la competitividad de las empresas.

CONFEMETAL señala que la propuesta sindical para 2015 y 2016, de elevar las remuneraciones como mínimo por encima de la inflación, puede poner en peligro la incipiente recuperación, ya que deben ser los sectores y las empresas, en función de su situación competitiva y de empleo, quienes determinen dentro de los parámetros generales recomendados el incremento o la congelación salarial a aplicar.

El Informe insta a los negociadores de los convenios provinciales de la Industria del Metal en 2014, a valorar los logros y avances conseguidos en la negociación de 2013, que han contribuido a que, por primera vez tras seis años de crisis económica, se vislumbren indicios de recuperación, si bien siguen las secuelas de paro, de restricción del crédito a empresas y familias, o la alta carga financiera del pago de la deuda.

Para que se consolide una reactivación de la actividad económica y un aumento de la inversión empresarial que permita crear empleo neto, es necesario que continúe la moderación de precios y salarios. Y si bien esa moderación salarial no debería ser la única respuesta para mejorar la competitividad, sí es, en el corto plazo, la manera más eficaz de evitar que continúe la sangría del paro.

La recuperación de la competitividad está permitiendo una significativa corrección del desequilibrio exterior, que se ha saldado con superávit por primera vez desde 1997, lo cual exige para crecer o mantener empleo que las empresas que así lo requieran puedan reducir los costes del mismo, ya que la baja inflación en la Eurozona se está comiendo las ganancias de competitividad obtenidas vía salarios.

CONFEMETAL señala en su Informe que el II AENC, que finaliza el 31 de diciembre de 2014, prevé que, tanto en sectores como en empresas, el incremento de los salarios pactados o que se negocien para este ejercicio de efectos económicos, se ajuste al ritmo de actividad de la economía, al PIB de 2013, de manera que el aumento salarial no exceda del 0,6% y que esa debería ser la línea a seguir en los próximos años.

Por último, el Informe resalta logros de la negociación colectiva de 2013 que están contribuyendo a la recuperación, como que el 50 por ciento de los convenios registrados pactasen incrementos salariales iguales o inferiores a cero, la pérdida de protagonismo de las cláusulas de revisión salarial, los incrementos de la jornada laboral anual y la supresión o limitación de la antigüedad en algún convenio sectorial.

Como conclusión, CONFEMETAL señala que la moderación salarial continúa siendo esencial en la actual coyuntura y que la prórroga del AENC para los próximos años, supondrá un ejercicio de responsabilidad en la defensa de la competitividad y el empleo.

metalmadrid `14

29-30 OCT'14

SUBCONTRATACIÓN

MAQUINARIA

TECNOLOGÍA

29-30 OCT'14

AUTOMATIZACIÓN

EL PUNTO DE ENCUENTRO DE LA INDUSTRIA

ESTE AÑO JUNTO

COMPOSITE SPAIN

ROBOMATICA

¡¡ La apuesta más rentable para tu empresa !!

PATROCINAN

Hoffmann Group The Quality Company

TRUMPF

FUCHS

SCHUNK

COLABORAN

AIRBUS

Talgo

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

ORGANIZA

grupo metalia

www.metalmadrid.com

comercial@metalmadrid.com

Testo con la eficiencia energética

El pasado 5 de marzo se celebró el "Día Mundial de la Eficiencia Energética", jornada lógica dado el creciente interés y la mayor sensibilidad a temas medioambientales que desde hace años impera en todo el mundo.

Y desde los inicios de esta nueva tendencia, en Instrumentos Testo siempre hemos apostado por la concienciación sobre el ahorro y la eficacia de los procesos energéticos.

Desde nuestra posición como fabricantes de instrumentos de medición de alta precisión, nuestro objetivo ha sido la fabricación y el desarrollo de instrumentos que dotaran al profesional y a las empresas de las soluciones perfectas para conseguir la mayor eficiencia en sus procesos energéticos o en sus sistemas de climatización.

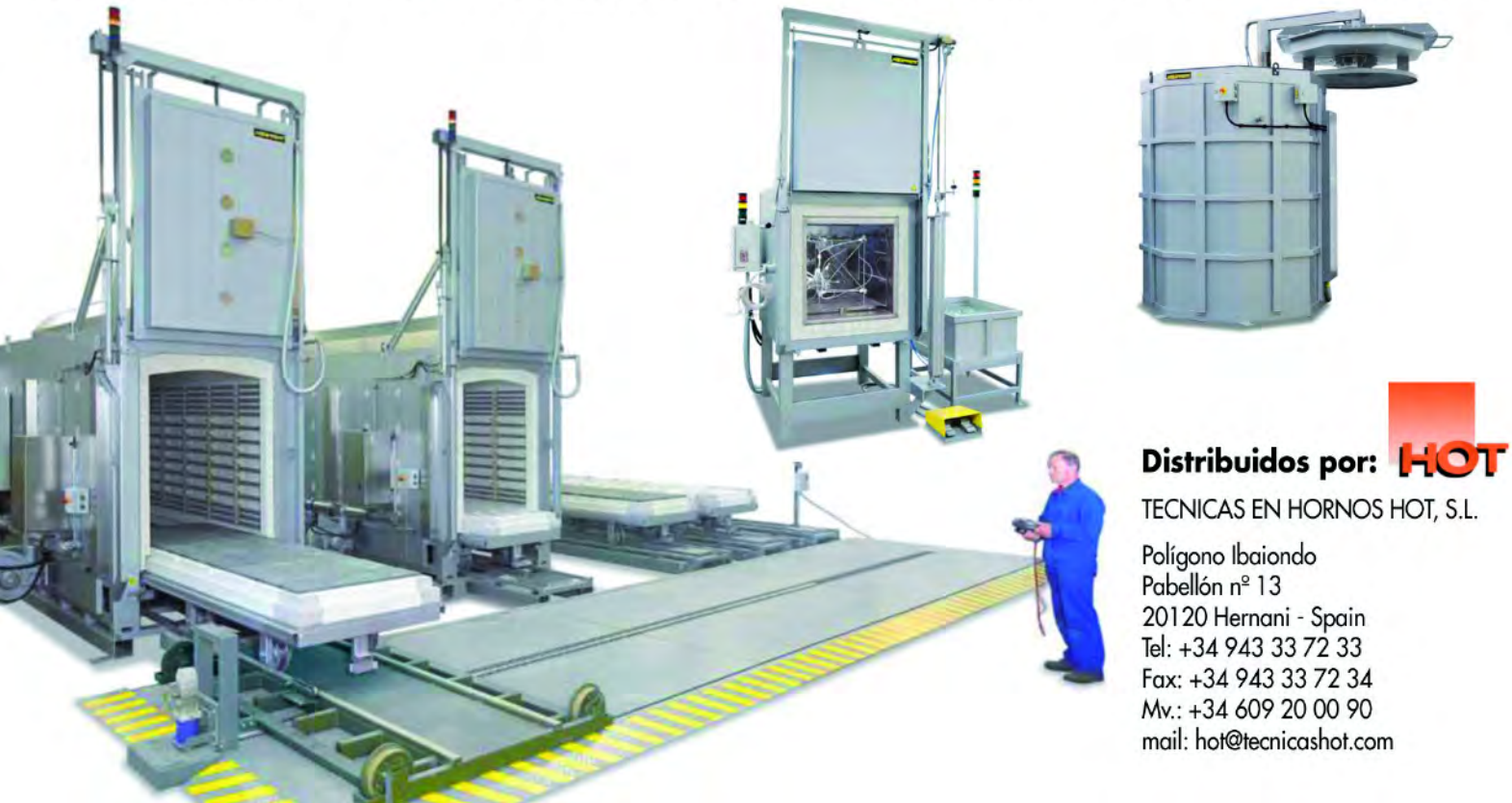
En concordancia con nuestra política de apoyo a la gestión medioambiental correcta, en Testo celebramos con nuestros clientes el Día Mundial de la Eficiencia Energética ofreciendo toda la gama de instrumentación específica para el ahorro energético con un descuento muy importante respecto a su precio original.

La promoción se llevó a cabo a través de nuestra página web,en la que las personas interesadas podían rellenar un formulario indicando la instrumentación sobre la que estaban interesados y beneficiarse de un precio muy ventajoso. La iniciativa, que contó también con todo el apoyo de nuestra red de distribución comercial, supuso un gran éxito por lo que en Testo estamos convencidos de seguir y dar continuidad a actividades de este tipo.

Nabertherm

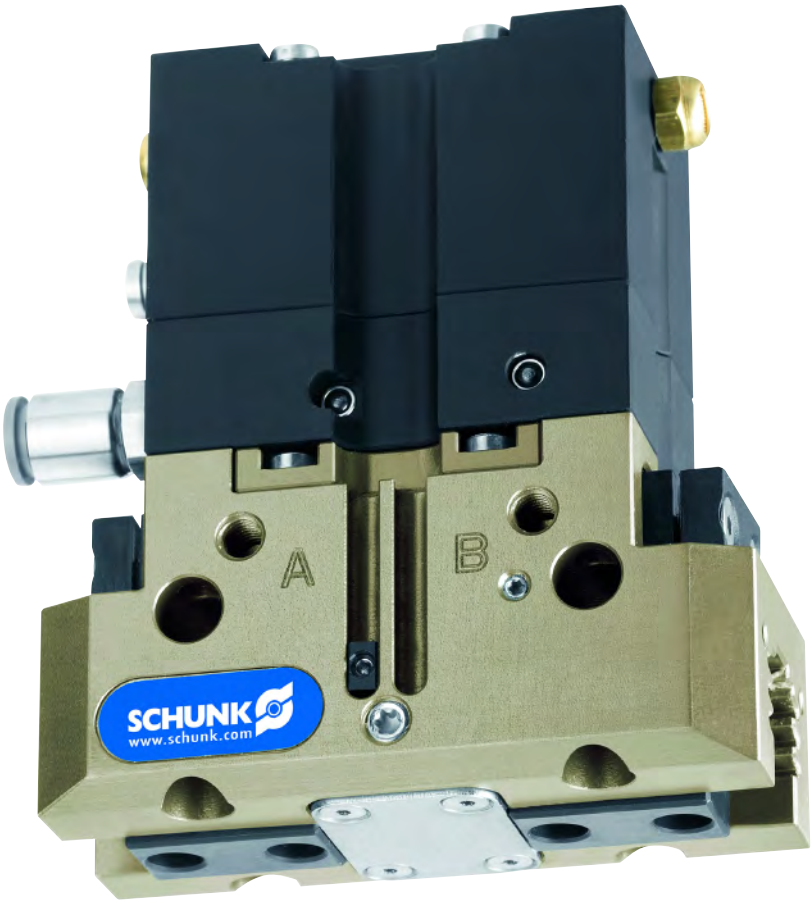
MORE THAN HEAT 30-3000 °C

HORNOS INDUSTRIALES PARA TRATAMIENTO TÉRMICO



Las cajas de válvulas compactas marcan la tendencia a seguir

Las microválvulas de mantenimiento de presión son una importante innovación para alcanzar soluciones óptimas en tareas de manipulación. SCHUNK ha creado unidades compactas de microválvulas que se acoplan directamente a la pinza PGN-plus incrementando la velocidad de actuación en hasta un 100%. Para volúmenes de trabajo altos, la reducción de 20 ms por ciclo que ofrecen las microválvulas, permiten ahorrar un turno completo de trabajo cada tres meses.



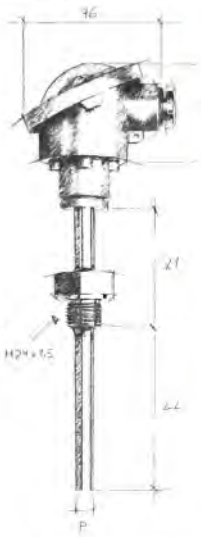
A su vez, el conjunto de microválvulas disminuye el consumo de aire y por consecuencia, los costes de energía. Incluso aplicaciones de manipulado ya existentes se pueden modernizar mediante este sistema.

En el caso de aplicaciones neumáticas convencionales, se producen pérdidas del aire de la alimentación en cada ciclo. Con las microválvulas VB de SCHUNK, las cuales se acoplan directamente a la pinza, el compartimento del pistón se refuerza instantáneamente con aire, reduciendo el consumo total de aire a presión y los tiempos de ciclo. A través de unas conexiones centrales, esta compacta unidad recibe señales eléctricas y de aire sin necesidad de precisar largas líneas de conexionado.

Mediante la tecnología Plug & Play, las microválvulas VB permiten comandar fácilmente actuadores con elementos de mantenimiento de fuerza, estrangulamiento de aire y sensores de proximidad. Los tamaños disponibles de la pinza PGN-plus van desde 40 hasta 160, sin embargo, nuevos tamaños y modulos están planeados para su producción.

FABRICACIÓN SENSORES DE TEMPERATURA

- Fabricación propia de Termopares y Termoresistencias.
- Especializados en tratamientos térmicos.
- Fabricación especial AMS-27850-E.
- Fabricación especial para hornos de vacío.
- Condiciones especiales para fabricantes de hornos.



LABORATORIO CALIBRACIÓN in situ

- Laboratorio acreditado ENAC en temperatura, in-situ y en nuestras instalaciones.
- Calibración de instrumentación, sensores de temperatura y hornos (TUS y SAT).
- Especialización en AMS-2750-E.
- Control de periodicidades entre calibraciones.
- Plataforma de certificados on-line.
- NUEVO servicio de calibración de transmisores de vacío in situ y en nuestro laboratorio.

Suministro y Calibracion Industrial s.l.

www.sciempresa.com

Ribera de Axpe 11, D2, L203, 48950 Erandio - Vizcaya • Tel. +34 944765276 • Fax: +34 944766021 • e-mail: sci@sciempresa.com

"La internacionalización no es una opción, es una necesidad"

¿QUIERE DESARROLLAR SU NEGOCIO EN PERÚ?

- CONSULTORÍA INTERNACIONAL EN DIVERSOS ÁMBITOS
- GRAN EXPERIENCIA Y DIVERSIDAD DE PROYECTOS
- MÁS DE 20 AÑOS NOS AVALAN

www.grupoarrivelo.com / info@grupoarrivelo.com

Oficinas Centrales: Plaza de Galicia, 2-3. 1º E.
15004. La Coruña (España) • Telf.: **+34 981 637 900**

Oficinas de Madrid:
C/ Felipe IV, nº 9. 28014. Madrid • Telf.: **+34 914 119 411**

OFICINAS EN: • LA CORUÑA • MADRID • LIMA • BUENOS AIRES • SAN PETERSBURGO

La energía eléctrica cuyo consumo en la industria metalúrgica, merma actualmente su competitividad

Por Manuel Gómez AFUMSE

Para el Sector del Metal que engloba una parte muy sustancial del conjunto de la Industria española, la energía eléctrica supone uno de sus costes de producción más relevantes, en algunos casos, incluso por encima de los costes laborales. Clave para la Industria, su precio y la fiabilidad de su suministro son factores decisivos de competitividad, tanto para las empresas exportadoras como para las que fabrican para el mercado nacional.

El esfuerzo en racionalizar el consumo, asegurar el suministro y reducir el impacto de su coste en el precio final del producto, no ofrece los resultados esperados porque no se ven acompañados por una regulación administrativa y fiscal, acorde con la importancia que finalmente tiene el coste de la energía eléctrica.

En 2011, los consumos energéticos del sector industrial se situaron en 11.337 millones de euros, lo que representa el 24,5 por ciento de la demanda energética final nacional. La Industria viene sufriendo un continuo aumento de los costes regulados de la energía que ya suponen, entre el 30 y el 60 por ciento de la factura eléctrica de las empresas, lo que está provocando una fatal pérdida de posiciones en los índices de competitividad.

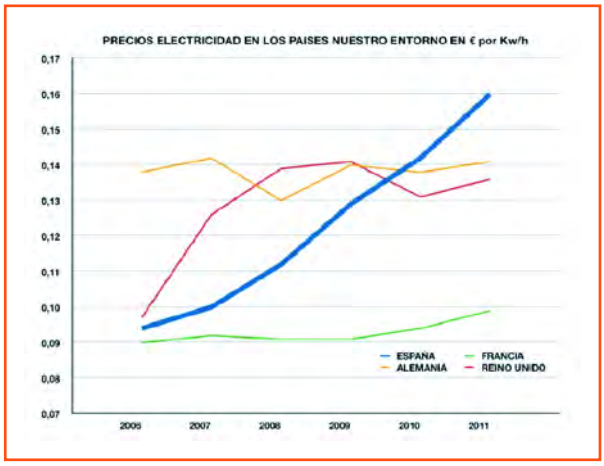
Los precios de la electricidad industrial en España, que se encuentran entre los más elevados de la Unión Europea, están definiendo una situación insostenible a medio plazo, con incrementos adicionales de costes que derivan en deslocalizaciones, desinterés de los inversores y pérdida de tejido industrial.

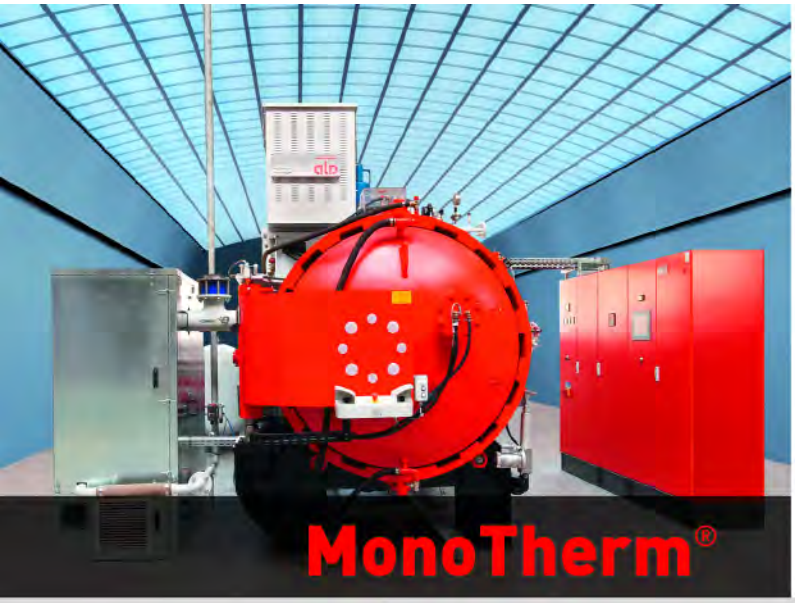
No parece que vaya a producirse con la urgencia que el caso requiere, un acuerdo institucional que aporte estabilidad y previsión sostenidas en el mercado eléctrico. Que los peajes para la Industria incluyan estrictamente los costes del sistema, potenciar los contratos bilaterales de energía eléctrica para consumidores intensivos en energía y la estabilidad regulatoria son cuestiones insoslayables.

La importancia de la energía en su actividad, ha determinado que los sectores industriales se encuentren en un proceso continuo de mejoras de la

eficiencia energética, hasta el punto de convertirse en un instrumento de gestión de primerísimo orden en la estructura productiva industrial. Efficentre ha centrado su estrategia industrial, en el conocimiento del comportamiento energético de la planta, mediante la adquisición de datos en tiempo real de las variables clave, para luego aplicar técnicas de optimización propias pioneras en España, que permitan mejorar dicho comportamiento. Las técnicas de optimización desarrolladas por Efficentre, no sólo buscan disminuir el consumo o mejorar la eficiencia energética global de la planta, sino también disminuir la potencia contratada y desplazar demanda a periodos donde las tarifas €/kWh sean más reducidas. Se trata de actuar sobre lo que sí podemos cambiar, es decir la forma en que usamos la energía, con el objetivo de obtener el máximo rendimiento a los equipos consumidores y productores de energía, evitando además malos usos mediante la gestión de alertas que permitan aplicar medidas correctoras a tiempo.

Las técnicas diseñadas por Efficentre, permiten también realizar previsiones de demanda de consumo, que pueden ser usadas para mejorar el proceso de negociación con las compañías suministradoras, así como para controlar el proceso de facturación de dichas compañías. En resumen, ya no es suficiente con planificar la producción para conseguir un adecuado nivel de calidad y servicio, sino que también es necesario tener en cuenta en dicha planificación, la gran reducción de costes operativos que se pueden conseguir con una adecuada optimización, en un sector tan intensivo en energía como el metalúrgico.





© appeal 104 403

Una flexibilidad que renta

Desde hace muchas décadas, ALD Vacuum Technologies construye hornos con cámara de vacío con éxito. Ahora, la nueva generación de hornos con cámara de vacío de tipo MonoTherm® ofrece la mayor flexibilidad en el tratamiento térmico.

El diseño modular proporciona los medios para personalizar la producción, según los exactos y especiales requisitos. Eso permite reducir los costes de producción, mejorar la eficiencia operativa, así como una productividad aumentada además de una alta compatibilidad ambiental.

¡Póngase en contacto con nosotros para más información!

ALD Vacuum Technologies GmbH
Wilhelm-Rohn-Strasse 35
63450 Hanau, ALEMANIA
Teléfono +49 (0) 6181 307-0
Email info@ald-vt.de
Internet www.ald-vt.de

MTC Metal Treatment Consult
101 rue de Mundelsheim
73290 La Motte Servolex, FRANCIA
Teléfono +33 (0) 479 651852
Email mtc@mtc-fours.com

Procesos de nitrocarburación como alternativa al cromo duro

Por Edgart González[1] y Nuria Martí[1]

RESUMEN

En algunos sectores industriales los procesos con deposición de cromo presentan problemas de aceptación; este estudio comparativo pretende demostrar que tanto desde un punto de vista de resistencia mecánica como de resistencia a la corrosión, los procesos de nitrocarburación (en sales) pueden actuar como alternativa, manteniendo e incluso mejorando algunos aspectos, frente a los procesos de cromo duro.

1. INTRODUCCIÓN

La nitrocarburación es un proceso extendido y conocido en el que mediante la aportación de nitrógeno y su asociación con el carbono, se forman nitruros de hierro y nitruros de los elementos de aleación del acero, proporcionando excelentes propiedades mecánicas y, mediante oxidaciones controladas posteriores, altas resistencias a la corrosión.

Por su parte, el cromo duro es un proceso electrolítico que proporciona a las piezas una capa de cromo con reconocidas propiedades mecánicas y anticorrosivas y, además, permite devolver dimensiones originales a piezas que han sufrido pérdidas de medida por desgaste y/o operaciones de recuperación.

Los procesos de nitrocarburación, por su propia naturaleza de difusión y no deposición, no son una alternativa al cromo duro como proceso para recuperar dimensiones desajustadas, pero por el contrario, son una alternativa eficiente para mantener y mejorar características superficiales. Por esta misma característica de no deposición, los proce-

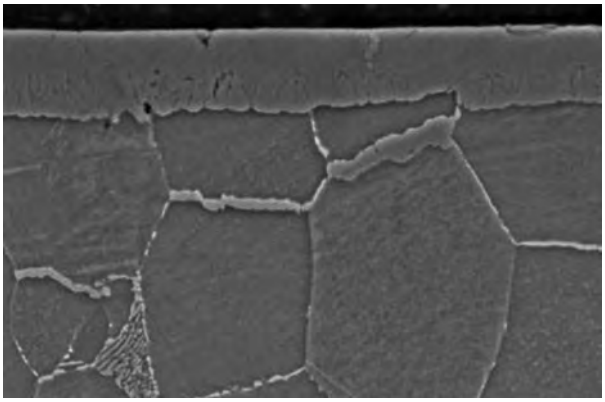


Foto 1. Ejemplo capa nitrocarburada x1000 (SEM).

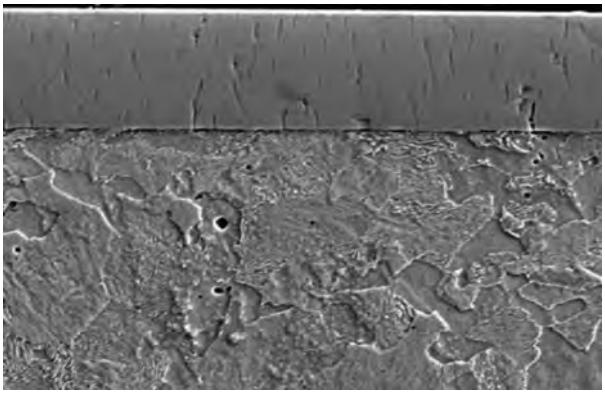


Foto 2. Ejemplo capa cromo duro x1000 (SEM).

[1] Técnicas Superficies Catalunya, Barcelona.

sos de nitrocarburación eliminan la problemática de escamación y desprendimiento de capa.

Compararemos, entonces, las características mecánicas y anticorrosivas solicitadas industrialmente. No consideramos los parámetros de rugosidad, ya que en ambos procesos se consiguen mediante operaciones de pulido posteriores y/o intermedias, no siendo por lo tanto, parte intrínseca de los procesos a comparar.

2. ENSAYO COMPARATIVO

2.1 Planificación Ensayo

2.1.1 Acero

Seleccionamos el material 45S20 (1.0727) estirado + rectificado como acero para realizar los ensayos, dado que los sectores con mayor potencial para interesarse en las conclusiones de esta comparación, están actualmente utilizando aceros al carbono.

Composición química

0.42-0.50%C / <0.40%Si / 0.70-1.10%Mn / <0.06%P / 0.15-025%S

Características mecánicas

Rm:740-980 MPa / Rp0.2>570 MPa / A>5%

2.1.2 Cromado

Realizamos recubrimiento de cromo duro de gran espesor (30 µm) para minimizar la posibilidad de grietas que conecten con el material base.

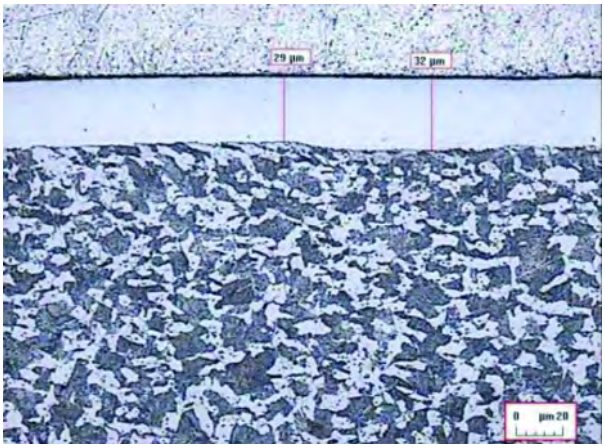


Foto 3. X500 (OM).

2.1.3 Nitrocarburación

Realizamos el tratamiento ARCOR V de HEF-DURFERRIT (20 µm) como proceso de nitrocarburación, por sus excelentes propiedades ante situaciones de desgaste (gracias a la presencia de nitruros de hierro ε y γ' [Gráfico 1]), de corrosión (gracias a la transformación en Fe_3O_4 de la capa más externa formada) y por su gran capacidad de ser adaptado al tipo de pieza, tamaño productivo y condiciones de suministro.

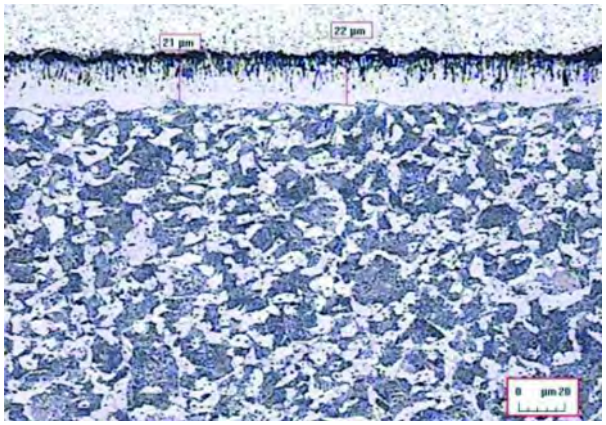


Foto 4. X500 (OM).

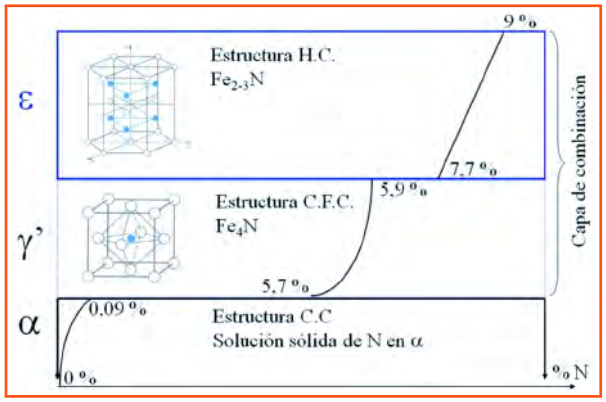


Gráfico 1 (distribución nitruros vs %N en Fe puro).

2.1.4 Ensayos

Comparación metalográfica:

— Espesor capa.
— Perfil dureza (HV0.1 hasta dureza núcleo).
— Dureza superficial (HV1, HV5).

Comparación resistencia mecánica ([2]):

— Ensayo tracción.
— Ensayo flexión.

Comparación resistencia corrosión:

— Ensayo niebla salina neutra.
— Ensayo niebla salina cobre-ácido acético ([3]).

Todos los ensayos se han realizado sobre tres muestras de cada proceso.

2.2. Resultados Ensayo

2.2.1 Comparación metalográfica

Se preparan probetas metalográficas para realizar perfil de durezas y posteriormente se atacan con Nital 4% durante 5 seg., para determinar el espesor de capa mediante microscopía óptica (OM).

Las mediciones de dureza superficial se realizan directamente sobre las muestras con el tratamiento o recubrimiento correspondiente.

Equipos utilizados:

Matsuzawa MHT-2 para HV con cargas ≤1 Kg.
Akashi AVK para HV con carga de 5 Kg.
Microscopio Union MCB84790.

Resultados:

	Espesor capa (µm)	HV1 Superficial	HV5 Superficial
ARCOR V	18-22	439-446	460-473
Cromo Duro	29-32	555-565	376-381

Tabla 13.

Para realizar el perfil de (micro) durezas utilizamos una carga de 100 g/10 seg pero debido a que los espesores de tratamiento / recubrimiento no permiten realizar una medida en estas condiciones en la propia capa, se realiza una primera indentación con una carga de 25 g/10 seg, a 15 µm de la superficie; el resto de indentaciones se realizan a partir de 50 µm de la superficie.

Se ha medido y considerado como dureza de núcleo 285HV0.1.

Vemos, que tal y como esperábamos a pesar de tener un mayor espesor de capa y mayor dureza de capa aportada en las muestras con Cromo Duro, la

(2) Ensayos realizados en Fundació CTM Centre Tecnològic (Manresa).

(3) Ensayos realizados en Pedro Roquet, S.A. (Tona).

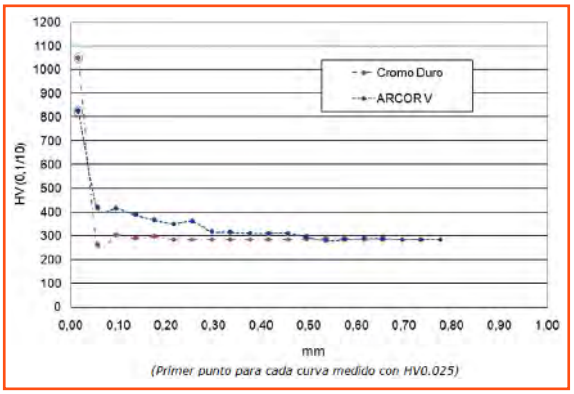


Gráfico 2. Perfil de durezas comparativo.

difusión que se consigue mediante el proceso de nitrocarburación ARCOR V [Gráfico 1], se traduce en un endurecimiento significativo más allá de la propia capa aportada, hasta una profundidad de 0.25mm ($HV \geq HV_{núcleo}+50$).

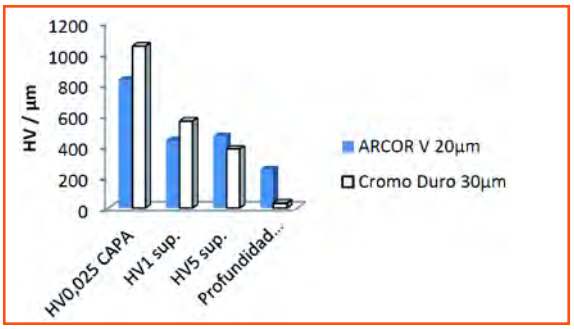


Gráfico 3.

2.2.2 Comparación resistencia mecánica

2.2.2.1.Ensayo tracción (uniaxial)

Ensayo realizado según UNE-EN ISO 6892 (1) en probetas de $Ø5^{+0.037/+0.101}$ a Tª ambiente.

Equipo utilizado INSTRON 5585H.

Control de ensayo realizado a una velocidad de desplazamiento constante de 2.5 mm/min.

Se ha medido la carga mediante una carga integrada en la máquina de 250 KN.

Resultados:

	$Rp_{0.2}$ (MPa)	R_{inf} (MPa)	R_{sup} (MPa)	Rm (MPa)	A (%)
ARCOR V	--	707	710	861	7,26
Cromo Duro	687	--	--	845	7,20

Tabla 14.

Quedando representados en los gráficos [4, 5] siguientes:

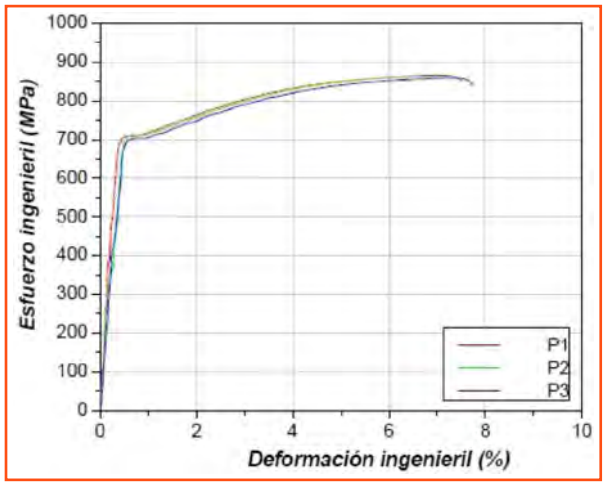


Gráfico 4. Ensayo tracción muestra ARCOR V.

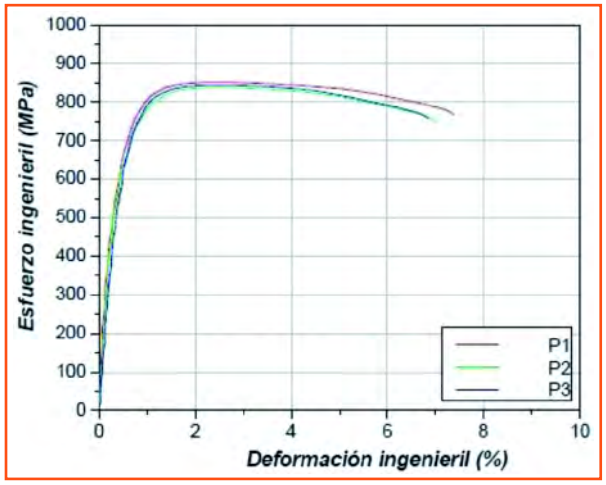


Gráfico 5. Ensayo tracción muestra Cromo Duro.

Los valores obtenidos son ligeramente mejores para las muestras de ARCOR V, que a su vez, también presentan una menor desviación de resultados (límite elástico o inf. cedencia/resistencia a la tracción/ alargamiento %: 4/3/0.45 vs. 26/7/0.47).

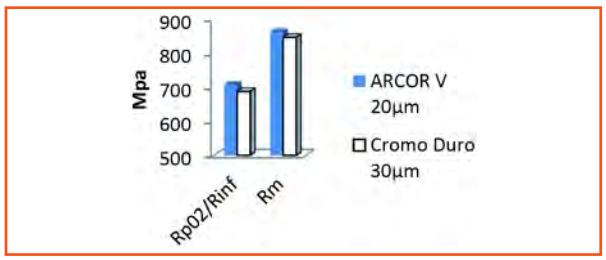


Gráfico 6.

2.2.2.2 Ensayo Flexión (a tres puntos)

Ensayo realizado en probetas de longitud 75 mm x $Ø10^{+0.005/-0.032}$ a Tª ambiente.

Equipo utilizado INSTRON 5585.

El ensayo se ha realizado mediante útiles de flexión específicos montados con una separación de soportes (span) de 40 mm y un soporte central que ha aplicado la fuerza de ensayo.

Control de ensayo realizado a una velocidad de desplazamiento constante de 1 mm/min.

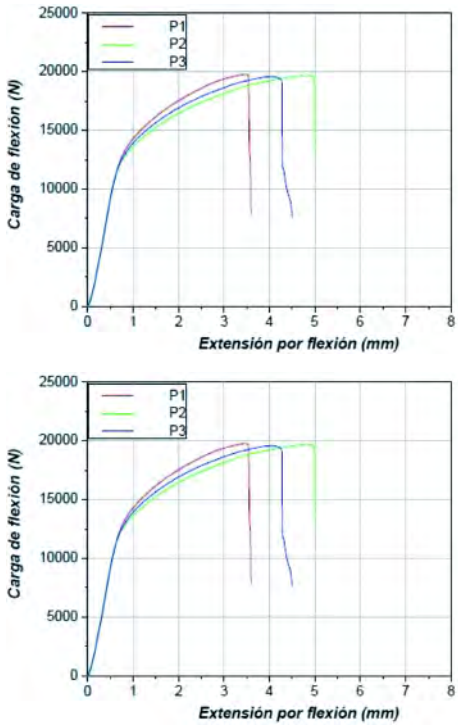
Se ha medido la carga mediante una carga integrada en la máquina de 200 KN.

Resultados:

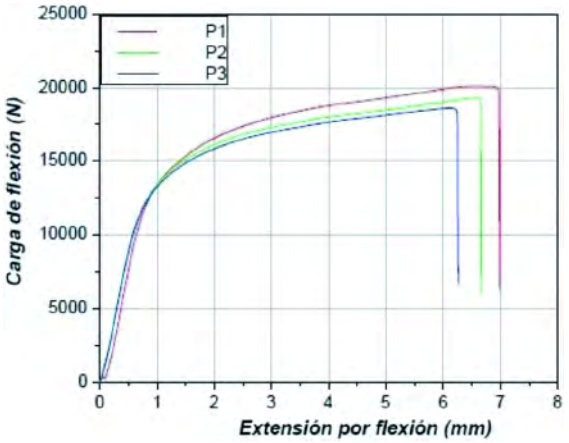
	$F_{flexMáx}$ (N)	$R_{flexMáx}$ (MPa)
ARCOR V	19686	2023
Cromo Duro	19337	1968

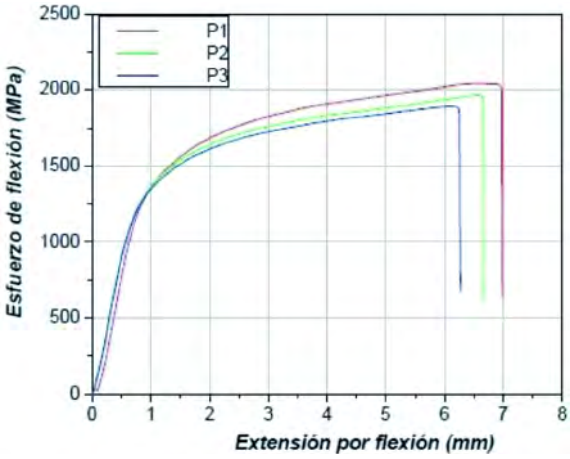
Tabla 15.

Quedando representados en los gráficos [7 , 8] siguientes:



Gráficos 7. Ensayo flexión muestra ARCOR V.





Gráficos 8. Ensayo flexión muestra Cromo Duro.

Todas las muestras se doblaron antes de romper mediante una fractura dúctil.

La evaluación de los resultados son totalmente parejos a los del ensayo de tracción; ligera mejora general de los valores obtenidos en las muestras de ARCOR V y con una menor desviación entre ellos (carga máxima soportada a flexión / resistencia flexión: 96/11 vs. 740/75).

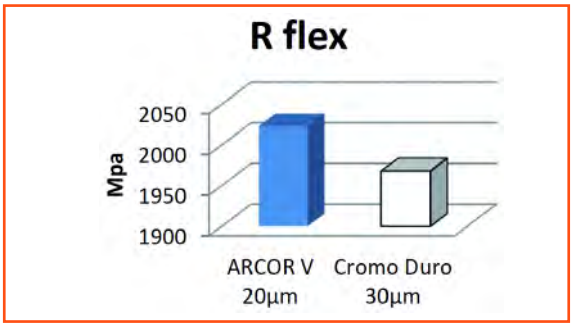


Gráfico 9. Resistencia a flexión.

HOT Técnicas en Hornos HOT S.L.

AICHELIN Group

HORNOS DE TRATAMIENTO – MAQINAS DE INDUCCION - QUEMADORES

Hauzer TECHNO COATING

EQUIPOS DE PVD – Y - PACVD

Lohmann Qualität in Edelstahl

UTILLAJES – PARRILLAS - CESTAS

PINTURAS ANTICEMENTANTES - ANTINITRURANTES

DISEÑO Y CONSTRUCCION

HORNOS DE LABORATORIO E INVESTIGACION

SERVICIO TECNICO

REPUESTOS PARA HORNOS IPSEN

TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.

Polígono Ibaiondo
Pabellón nº 13
20120 Hernani - Spain

TF : + 34 943 33 72 33
Fax : + 34 943 33 72 34
Mv. : + 34 609 20 00 90

e-mail: hot@tecnicashot.com

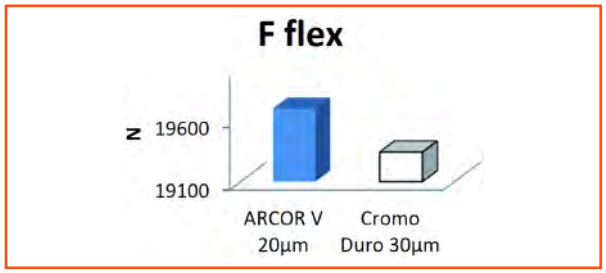


Gráfico 10. Carga máxima soportada a flexión.

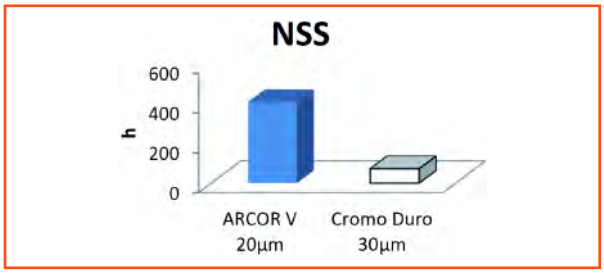


Gráfico 11.

2.2.3 Comparación resistencia a la corrosión

En ambos casos se realiza una evaluación final según EN ISO 4628 que a pesar que no ser una norma específica para estos procesos, es una norma habitualmente utilizada en los sectores de interés.

2.2.3.1 Ensayo niebla salina neutra

Ensayo realizado según UNE EN-ISO 9227 en muestras cilíndricas de Ø10.

Equipo utilizado Cámara Niebla Salina SSC-400.

	Fin ensayo	% superficie oxidada (al finalizar ensayo)	Evaluación s/EN ISO 4628
ARCOR V	408h	0%	Ri0 (408h)
Cromo Duro	72h	3-5%	Ri4 (72h)

(Exploración muestras cada 24h)

Tabla 16.

Los resultados obtenidos en las muestras de ARCOR V son claramente muy superiores a los obtenidos en las de Cromo Duro.

En las muestras de ARCOR V no se aprecia ningún punto de corrosión antes ni después de lavar las mismas, mientras que en las muestras de Cromo Duro se aprecia una corrosión aparente >30% antes de lavar, que se traduce en 3-5% una vez lavadas las piezas para inspección final.

No se aprecian diferencias significativas entre las muestras de cada proceso entre sí. Para las muestras de ARCOR V ninguna de ellas presenta puntos de corrosión y para las de Cromo Duro todas ellas presentan alta corrosión aparente, antes de lavar y después de lavar las piezas con agua a Tª ambiente y la ayuda de un paño humedecido, se revelan picaduras superficiales y puntos de corrosión roja no generalizados.

Foto 5. ARCOR V después de 408h NSS (muestras limpias).

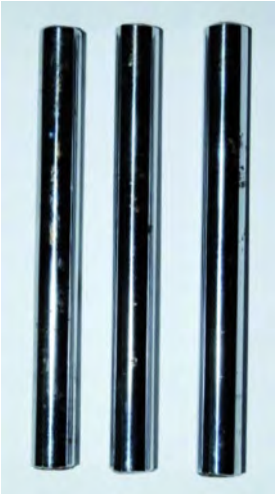


Foto 6. Cromo Duro después de 72h NSS (muestras limpias).

2.2.3.2 Ensayo niebla salina cobre-ácido acético

Ensayo realizado según ASTM B-368 hasta 64h en muestras cilíndricas de Ø10.

Equipo utilizado Cámara Niebla Salina SSC-400.

	% superficie oxidada (a las 64h)	Evaluación s/ EN ISO 4628
ARCOR V	0-3%	Ri3 (64h)
Cromo Duro	0%	Ri0 (64h)

(Exploración única al finalizar ensayo, 64h)

Tabla 17.

Los resultados obtenidos en las muestras de Cromo Duro son ligeramente mejores a los obtenidos en las muestras de ARCOR V.

En muestras de ARCOR V se realiza la inspección directa, mientras que en las muestras de Cromo

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

La aparición en el año 2008 del primer volumen de **TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS**, dedicado a los **Principios del Tratamiento Térmico de los Aceros** marcó un hito en este importante campo de conocimiento para quienes nos hemos dedicado a la Metalurgia. Sus autores, Manuel Antonio Martínez Baena y José María Palacios Repáraz –fue el último libro que se publicó en vida– especialistas conocidos y reconocidos en este campo, nos legaron unas lecciones magistrales reproduciendo y ampliando los artículos publicados en **TRATER Press** y otras revistas especializadas.

Dos años después, el segundo volumen **Aceros de construcción mecánica y su tratamiento térmico. Aceros inoxidables** nos ilustró sobre los aceros de uso mayoritario en la industria y la construcción, con una especial dedicación a los aceros inoxidables y a los mecanismos de corrosión.

Ahora aparece el tercer volumen **Aceros de herramientas para trabajos en frío y en caliente, su selección y tratamiento térmico. Aceros rápidos**. Como en el volumen anterior, el libro está dividido en dos partes. La primera se inicia considerando los criterios actuales de selección de los aceros para la fabricación de útiles y herramientas, las propiedades y características fundamentales que determinan la selección de un acero para herramientas y los factores metalúrgicos y tecnológicos que influyen en el comportamiento de una herramienta. Se añaden algunas consideraciones sobre la teoría y práctica del tratamiento térmico de los aceros aleados de herramientas y luego se particularizan los aceros al carbono para herramientas, los aceros aleados para trabajos en frío y para trabajo en caliente. También se tienen en cuenta una serie de consideraciones sobre los aceros utilizados en la fabricación de útiles y herramientas para la extrusión en caliente, sobre los aceros utilizados en la fabricación de moldes para fundición inyectada y sobre los más utilizados en la fabricación de moldes para la industria de los plásticos. Dada la importancia que tienen, la parte 2 está dedicada exclusivamente a los aceros rápidos, su utilización y tratamiento térmico.

Como los libros precedentes, está firmado por Manuel Antonio Martínez Baena incluyendo a José María Palacios Repáraz quien, aunque nos dejó en 2008, sigue siendo el inspirador del texto. Aunque ambos autores son autoridad en todos los campos de los aceros, se nota su preferencia por el complejo campo de los aceros de herramientas. Sus 187 figuras y 40 tablas son un perfecto indicativo del conocimiento teórico y práctico que tienen de estos aceros. Manuel Antonio, con su gracejo granadino, ha sabido dar amenidad y actualidad a temas tan arduos como los tratamientos criogénicos o los numerosos tratamientos superficiales incluidos CVD, PVD y PECVD.

Puede ver el contenido de los libros y el índice en www.pedeca.es o solicite más información:

Teléf.: 917 817 776

E-mail: pedeca@pedeca.es

Duro se aprecia una corrosión aparente del 90% antes de lavar las muestras, que se traduce en 0% una vez lavadas las piezas para inspección final.

Tampoco se aprecian diferencias significativas entre las distintas muestras de un mismo proceso. Las muestras de ARCOR V presentan 0,1 y 3% de superficie oxidada respectivamente y no se considera adecuado su lavado. Por su lado, las tres muestras de Cromo Duro presentan una corrosión aparente generalizada al finalizar el ensayo y después de lavar según EN ISO 10289, no muestran signos evidentes de corrosión en inspección visual.

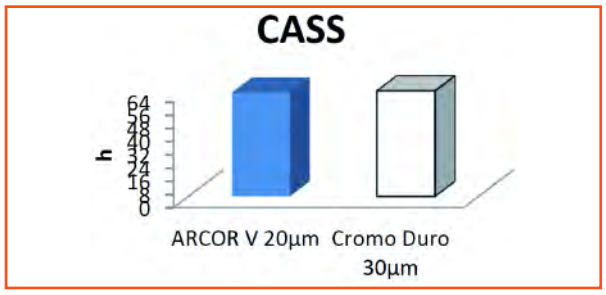


Gráfico 12.

Foto 7. Probetas ARCOR V después de 64h CASS (muestras sin limpiar).

Foto 8. Probetas Cromo Duro después de 64h CASS (muestras limpias).

3. CONCLUSIÓN

En todos los ensayos realizados, ARCOR V, a pesar de haber sido comparado con un menor espesor de capa, consigue resultados parejos al cromo duro y en términos de resistencia a la corrosión en niebla salina neutra, sustancialmente mejores.

Obtenemos una resistencia mecánica ligeramente superior y mayor capacidad de deformación plástica; ambas características junto a la mayor profundidad de endurecimiento, podrán ser responsables de la mayor durabilidad de la pieza ante situaciones de trabajo más exigentes.

En general, los resultados de esta comparación, los bajos coeficientes de fricción, la alta resistencia a la fatiga, las características no escamantes de la capa y la consideración que la nitrocarburación en baño de sales, es de carácter respetuoso con el medio ambiente [5.IV] en comparación con otros procesos de nitrocarburación, convergen en permitir afirmar que ARCOR V de HEF-DURFERRIT es una alternativa eficiente para sustituir los procesos de cromo duro, en aquellos sectores en los que por cuestiones políticas de aceptación o por cuestiones de desprendimiento, debe ser definido un proceso sustitutivo del actual.

4. AGRADECIMIENTOS

Aprovechamos esta oportunidad para agradecer a la empresa PEDRO ROQET,S.A. su colaboración y experiencia para realizar los ensayos de niebla salina cobre-ácido acético (CASS) e igualmente, a IREIS (Institut de Recherches en Ingénierie des Surfaces) por su apoyo y colaboración.

5. REFERENCIAS

(I) B.GRELLET - Oxynitrocarburization process with post-oxidation (1998).

(II) E.GONZALEZ, R. CAILLE – Tecnología CLIN de HEF. La alternativa a medida para solucionar problemas superficiales (2010).

(III) D.GHIGLIONE, C. LEROUX – Nitruration, nitrocarburation et derives (1996).

(IV) J.BUCHGEISTER, A. FRITZCHE, G.HORVATH, A.WITTKOWSKY – Härterei Technische Mitteilungen 56 (2001) 30 – 35.

(V) M.L.BERNSTEIN, V.A.ZAIMOVSKY – Mechanical propierties of metals (1983).

(VI) J.BARRAILS, G.MAEDER – Métallurgie. Èlaboration, structures- proprieties, normalisation (1997).

Ponencia presentada en el XIII Congreso Tratermat de Barcelona (Abril 2013). Publicada con la autorización expresa de la Dirección del Congreso y los autores.

Aerospace and Defense Meetings Sevilla 2014

Aerospace and Defense Meetings Sevilla 2014 cuenta ya con 164 empresas inscritas de 18 países, cuando aún falta mes y medio para su celebración, que tendrá lugar del 3 al 6 de junio. De esta forma, ADM Sevilla se consolida como el evento de negocios aeroespacial más importante de España, y, por tanto, como una cita clave para un sector estratégico, cuando acaba de conocerse que Andalucía batió en 2013 un año más su cifra de exportaciones, que alcanza ya los 1.509 millones de euros, un 44% más que en 2012.

De esta forma, la segunda edición de ADM Sevilla consolida su carácter bienal como el mayor evento de negocios del sector en España, así como su situación estratégica en el circuito mundial de negocios del sector. La cita está organizada por la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo, a través de Extenda-Agencia Andaluza de Promoción Exterior y la empresa BCI Aerospace, especialista en reuniones internacionales del sector.

En este evento de negocios de exclusivo carácter profesional se darán cita los principales fabricantes mundiales, contratistas y empresas de un sector de máxima tecnología, que vendrán a hacer negocio con las empresas del clúster andaluz. Un sector que en Andalucía facturó 1.858 millones de euros en 2012 y que proporciona 10.802 empleos directos y 25.000 inducidos, significando ya el 1,27 del PIB andaluz.

ADM Sevilla 2014 cuenta ya con el patrocinio especial de Airbus Group, el mayor fabricante europeo del sector; de dos de los principales fabricantes españoles, Aernnova y Aciturri, y de las empresas del clúster andaluz Sofitec y GAZC. Igualmente, cuenta con el apoyo del sector, tanto en el ámbito nacional, con Tedae (Asociación Española de Empresas Tecnológicas, de Defensa, Aeronáutica y Espacio), como en el andaluz, con Cluster Hélice.

Récord de exportaciones aeronáuticas

ADM significa un paso más en el desarrollo de la estrategia de apoyo a la internacionalización de un sector, que la Junta de Andalucía viene impulsando a través de Extenda de manera individualizada desde 2005. Tras el éxito alcanzado en 2012 por su primera edición, y la organización en 2013 también del Encuentro Mundial de Proveedores del A400M y del evento El Espacio, un Activo de la Humanidad, esta segunda edición de ADM volverá a proyectar al aeroespacial andaluz como una industria de referencia en el ámbito mundial y a Andalucía como un enclave estratégico para la inversión de proyectos de industria compleja.

Con los últimos datos de exportación conocidos hoy, Andalucía cerró 2013 con 1.509 millones de euros en exportaciones aeronáuticas, lo que significa un nuevo registro histórico, con crecimiento del 44% sobre 2012, en un sector que aporta 658 millones de saldo positivo a la balanza comercial de la comunidad.

Andalucía es la segunda comunidad exportadora de España, con el 29% el total de las ventas, seguida a gran distancia del País Vasco, con el 3,3% y precedida de la Comunidad de Madrid, con el 59,7%. En la última década (2004-2013), Andalucía ha multiplicado por cuatro sus ventas de aeronáutico al exterior (de 364 a 1.509 millones), un crecimiento que casi duplica el experimentado por el conjunto del país que, con 5.206 millones en 2013, multiplica por 2,3 las ventas en los últimos 10 años.

Francia vuelve a ser el primero de los mercados para el sector en 2013, con 593 millones, el 39,4% del total, que duplica sus ventas sobre el año anterior. Alemania sigue en segundo lugar, con 149 millones (9,9% del total), pese a haber bajado un 13,5%, y Brasil ocupa la tercera plaza, con 136 millones (9%), multiplicando por dos veces y media la cifra del año anterior. Tras ellos, con distinto peso, están Omán (6,8), Indonesia (5,5%), Egipto (5,1%), Colombia (4,2%), Polonia (4,1%), Estados Unidos (3,2%), Arabia Saudí (2,8), Kazajstan (2,4%), etc.

Las provincias más exportadoras se corresponden con el eje aeronáutico andaluz. Sevilla concentró el 66,4% de las ventas del sector aeronáutico en el exterior en 2013, con un volumen de 1.002 millones y un aumento del 47% respecto de 2012. Cádiz acapara el 33,4% del total, hasta 504 millones, y un crecimiento del 37,5%.

También en 2013 se produjeron ventas menores en Málaga, con 1,2 millones, que incrementa sus ventas en un 19,6%; Córdoba, 995 millones, que crece un 34% y Huelva, con 208.000 euros.

Objetivos y participantes ADM

En su segunda edición, ADM Sevilla se plantea como objetivo alcanzar una participación de 800 profesionales de 400 empresas, procedentes de 25 países, que en conjunto desarrollarán en torno a 8.000 reuniones de negocios.

Hasta la fecha, el ritmo de inscripción de empresas en ADM 2014 está siendo superior a la primera edición. Las 168 empresas ya inscritas provienen de 18 países, siendo Francia el país extranjero con mayor participación hasta la fecha, con 22; seguido de Alemania y Portugal, con seis cada uno; EE.UU., Canadá y Austria, con cuatro cada uno; Italia y México, con tres; Bélgica, Holanda y Suiza con dos, y con una, Brasil; Hungría; India, Irlanda; Marruecos y Túnez.

La participación de empresas españolas o radicadas en España asciende a 100, de ellas 49 de Andalucía y 51 del resto del país. Igualmente, están inscritos ya siete clusters aeroespaciales de diferentes regiones de cinco países (España, Italia, Francia,

SCOPE

The workshop will address the current scientific and technological advances in the field of surface engineering for applications involving extreme or singular conditions such as high temperature, corrosive environments, biological fluids, severe loads, strong erosion or abrasion, etc.

Particular emphasis will be placed on the coating development and surface modification for achievement of improved performance in applications related to energy, mechanical, automotive, aeronautical and biomedical sectors.

This meeting will provide an excellent opportunity to gather experienced scientists and industrial partners in a discussion forum to exchange ideas that promote cooperation and technology transfer.

SESSIONS

A. Surface engineering for **energy** applications

B. Surface engineering for **mechanical** applications

C. Surface engineering for **optical** applications

D. Surface engineering for **biomedical** applications

MAIN TOPICS

- Protection in mechanical components submitted to friction, wear or fatigue (gears, cutting tools, engines, etc.)
- Coatings for energy sectors (solar pannels, CSP, fuel cells, etc.)
- Protection against corrosion, high temperature or oxidation conditions (steam pipes and turbines, reactors, etc.)
- Surface functionalization for components used in biological or medical applications (prosthesis, tools, etc.)
- Surfaces exposed to aggresive environment (sand and dust erosion, corrosive liquids, etc.)

Chairmen:
- Francisco Javier Pérez-Trujillo
- Juan Carlos Sánchez-López

Scientific Committee:
J.M. Albella, A.R. Glez-Elipe, A. Conde, J.A. Puértolas, G. G. Fuentes, J. Barriga, I. Jiménez, J.R. Ramos, A. Agüero, M. Brizuela, M. Vilasi, A.Cavaleiro, J. Esteve, J. San Román, J. Esteban, J.L. Endrino

Organized by: FUNCOAT Surface Functionalisation of Materials for High Added Value Applications · Consolider · ingESnet · INTA · CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas · Gobierno de España · Ministerio de Economía y Competitividad

México y Suiza), que agrupan la participación de medio centenar de empresas más.

Por categorías, destacan, además de los patrocinadores industriales mencionados, otros grandes fabricantes mundiales, como Boeing, Bombardier, Dassault y Embraer, y hasta hasta 16 Tiers 1 (fabricantes de primer nivel), como Alestis Aerospace, el Tier 1 de Andalucía; Aeroalia; Latecoere; Safran; Liebher; Cesa; Sogemar; Diehl Aircanin; Wesco Aircraft o Liebhere.

Éxito de la primera edición

La primera edición de ADM Sevilla, celebrada en 2012, congregó a 690 profesionales, de 290 empresas y 25 países, que celebraron en total casi 7.000 reuniones de negocio. Estos resultados le valieron ya el calificativo del mayor evento de negocios del sector celebrado nunca en España.

Para alcanzar los objetivos de la segunda edición, Extenda y BCI Aerospace están desarrollando en los últimos meses una intensa labor de promoción del evento en más de 20 de las principales ferias y eventos internacionales del sector, como París Air Show-Le Bourget, en Francia; Aero Expor Brasil; Dubai Air Show; Aero Montreal Innovation. Una labor que en las próximas semanas le llevará a citas tan importantes como Singapour Airshow; ADSS Seatle o ILA Berlín.

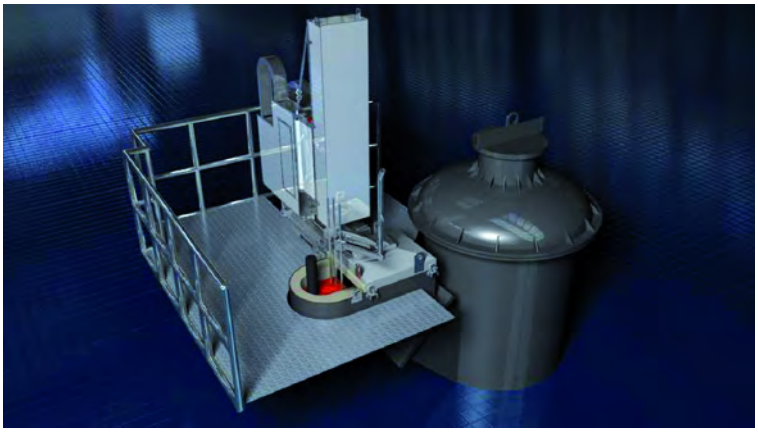
Conferencias y reuniones

FIBES, Aerópolis y Tecnobahía serán, de nuevo, los escenarios de este evento, que está financiado en un 80% con fondos procedentes de la Unión Europea, con cargo al Programa Operativo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder) de Andalucía 2007-2013.

En su programa oficial, entre los días 3 y 6 de junio, desarrollará sus tres primeras jornadas en FIBES: una primera, de conferencias y mesas redondas, y dos días de reuniones de negocios, con un último día de visitas a empresas; la FAL del A400M; Aerópolis, Tecnobahía y otros centros de interés del complejo aeroespacial de Andalucía.

INSERTEC, LORAMENDI y TECNALIA crean una nueva empresa para impulsar el sector de la fundición

El sector de las fundiciones férreas en Europa obtiene una facturación anual superior a los 10.000 millones de euros al año, según datos del World Foundry Organization. En este contexto, nace ILT Plasma Technologies SL, una nueva empresa de Base Tecnológica cuyo objetivo es mejorar la calidad de la fundición, el rendimiento energético y la productividad de las instalaciones, a través de un sistema de calentamiento por plasma térmico de alta potencia. Tras esta empresa, se encuentran INSERTEC y LORAMENDI, dos socios industriales con amplia experiencia en el sector, y el Centro de Investigación Aplicada TECNALIA.



La tecnología desarrollada por TECNALIA y denominada PLASMAPOUR® es un sistema de calentamiento de unidades de colada, basado en la tecnología del plasma térmico de alta potencia HPTP ("High Power Thermal Plasma"). Tras 15 años de investigaciones, se trata de una de las mayores innovaciones que se han producido en el sector de la fundición férrea a nivel mundial.

Las ventajas de su uso son las siguientes: permite trabajar en rangos de temperatura de colada imposibles de lograr utilizando los equipos convencionales; mejora el rendimiento energético, tanto de la unidad de colada como del conjunto de la instalación; mejora la productividad de la instalación, debido al aumento de la disponibilidad de línea, reducción de rechazos y mejor rendimiento de placa; y mejora la calidad metalúrgica de la fundición.

La actividad de ILT Plasma Technologies se centrará en la fabricación, adaptación, comercialización y puesta en marcha de instalaciones de plasma para el sector de la fundición, con un mercado potencial mundial estimado de 1.600 millones de euros. La nueva empresa estará ubicada en el municipio de Basauri, Bizkaia, y prevé

la consecución de una facturación anual de 2,4 millones de euros a partir del cuarto año, desde su constitución.

El nacimiento de esta nueva empresa de base tecnológica, en un momento de dificultad económica, refleja que la industria vasca está activa y comprometida con el futuro y la creación de actividad económica, apostando por la colaboración, la innovación y la tecnología.

Para la puesta en marcha de esta empresa, se ha contado con la colaboración de BEAZ, Sociedad Foral adscrita al Departamento de Promoción Económica de la Diputación Foral de Bizkaia, que tiene como objeto contribuir al crecimiento de la actividad económica y a la creación de empleo.

Acerca de LORAMENDI

Empresa fundada en 1973 en Vitoria y perteneciente al Grupo Mondragón, es líder mundial en el sector de equipamiento de fundición, suministrando soluciones completas en el ámbito de fabricación y ensamblado de machos de arena y líneas de moldeo vertical. Sus principales mercados son Alemania, China, USA, México e India y posee en dichos mercados oficinas comerciales y servicio postventa.

Sus principales clientes son proveedores globalizados de primera línea en la industria del automóvil de bloques y culatas, discos de freno y piezas de seguridad tanto en hierro como en aluminio. La facturación media se sitúa en torno a los 60 millones de euros, de los cuales más del 90% es exportación. Con una plantilla de 160 personas en Vitoria y 60 en sus filiales, posee una clara misión de contribuir al desarrollo tecnológico de sus clientes y ofrecer un servicio post venta excelente a nivel mundial.

Acerca de INSERTEC

Empresa fundada en 1980 en Bilbao dedicada a la fabricación de Hornos Industriales y Productos Refractarios. INSERTEC diseña y fabrica soluciones en el ámbito de la ingeniería y ciencia de los materiales para el procesamiento de metales (hierro, acero y aluminio principalmente): desde su fusión, hasta la colada y el tratamiento térmico final.

En la década de los 90 comenzó una actividad de internacionalización cuyos resultados son hoy una importante red de filiales (México, Italia, Brasil y China) y agentes y distribuidores que hacen que el 75% de las ventas provengan de esta actividad.

Acerca de TECNALIA

TECNALIA Research & Innovation es el primer Centro privado de Investigación aplicada de España y uno de los más relevantes de Europa; con más de 1.400 expertos, de 30 nacionalidades, orientados a transformar el conocimiento en PIB para mejorar la vida de las personas, creando oportunidades de negocio en las empresas.

Inspiring Business es una síntesis de dos conceptos que van de la mano: imaginar y hacer realidad. El factor diferencial de TECNALIA.

Con el objetivo de valorizar la I+D propia, de hacer una gestión integral del ciclo de vida de los activos tecnológicos innovadores, con el fin de maximizar su impacto en la sociedad y el mayor retorno para TECNALIA de su comercialización, se constituye en 2013 TECNALIA VENTURES, S.L., una empresa 100% TECNALIA, que ha tenido un papel muy relevante en la aceleración del proceso de incubación de ILT Plasma Technologies.

Grupo SECO/WARWICK

El Grupo SECO/WARWICK es una sociedad anónima que cotiza en la bolsa de Varsovia. La empresa está ubicada en Swiebodzin, este de Polonia, en la principal línea de tren y autopista entre Varsovia (400 km) y Berlín (170 km). SECO/WARWICK es uno de los mayores fabricantes de equipos de tratamiento térmico y de proceso térmico en todo el mundo. La empresa está organizada en cinco líneas de negocio, que son el reflejo de las tecnologías que ofrecen:

- VAC | Hornos de Vacío.
- ATM | Hornos de Atmósfera.
- AP | Equipos de Proceso de Aluminio.
- CAB | Equipos de Soldadura en Atmósfera Controlada.
- VME (RETECH) | Equipos de Metalurgia en Vacío.

Los equipos de estas líneas de negocio se producen en plantas de producción de SECO/WARWICK:

- SECO/WARWICK Europe Sp z o.o., Swiebodzin, Polonia.
- SECO/WARWICK Corp., Meadville (PA), USA.
- RETECH Systems LLC, Ukiah (CA), USA.
- SECO/WARWICK Allied Pvt. Ltd., Mumbai, India.
- SECO/WARWICK RETECH Thermal Equipment Manufacturing (Tianjin) Co. Ltd., Tianjin, China.
- SECO/WARWICK do Brasil Industria de Fornos Ltda., Jundiai (SP), Brasil.

Con el fin de servir a los clientes en el idioma local con soporte cercano a las ventas y servicios postventa, están situadas oficinas adicionales en ubicaciones geográficas estratégicas:

- SECO/WARWICK Europe S.A. Minsk Office, Bielorrusia.
- SECO/WARWICK Europe S.A. Moscow Office, Rusia.
- SECO/WARWICK Service GmbH, Bedburg-Hau (Kleve), Alemania.

Las líneas de negocios están asignadas en estructuras de equipo en todo el mundo y comparten los lugares de producción y los servicios administrativos. Los equipos de los distintos lugares son dirigidos directamente por los vicepresidentes de las líneas de negocio de actividad mundial. Esto permite una estructura sencilla y efectiva, facilidad de los procesos de negocio como la atención al cliente, la transferencia de tecnología y la mejora continua de sus productos.

El alcance de las líneas de negocio cubre una amplia gama de hornos de tratamiento térmico, equipos de procesos térmicos y productos auxiliares. SECO/WARWICK se enorgullece de su capacidad para suministrar tanto soluciones estándar como personalizadas, más unidades especiales para aplicaciones exigentes en el mundo de la industria del tratamiento térmico y de procesos térmicos.

La línea de negocio VAC (hornos de vacío) ofrece equipos de tratamiento térmico en vacío avanzados, energéticamente eficientes y ecológicos con tecnología de proceso garantizada. Estos hornos de

vacío se aplican para recocido, soldadura, sinterizado, temple con gas (HPGQ) y en aceite, de cementación en vacío y de nitruración (LPC y LPN) y otros procesos. Son utilizados en industrias de aeronautica, generación de energía, herramientas y troqueles, medicina, maquinaria y automoción automotriz, en plantas comerciales y de tratamiento térmico propio y para ambos por lotes y fabricación en serie. Los hornos están disponibles en cualquier configuración de carga de trabajo (horizontal y vertical), tamaño del espacio de trabajo, parámetros técnicos, opciones y equipos auxiliares. Además, pueden ser fabricados como un diseño estándar o adaptarse a las exigencias específicas de los clientes, tales como equipos CVD, equipos de forja de vacío y otras aplicaciones individuales.

La línea de negocio AP (Procesos de aluminio) ofrece productos avanzados, que permiten la reducción de tiempos de ciclo, consumos de energía y la mejora de las velocidades de enfriamiento. Estos hornos se emplean en una amplia gama de procesos como la fundición, el precalentamiento, homogeneización, recocido, tratamiento térmico y envejecido artificial. Los cinco subgrupos de productos básicos incluyen el recocido de bobina/lámina, el tratamiento de solubilizado y madurado, homogeneización de losa, calentamiento de lingotes, sistemas de horno de fundición. Son utilizados en: aeronáutica, automoción y maquinaria, energía, metalurgia y otras industrias de aluminio y para ambos por lotes y fabricación en serie. Se ofrecen hornos con sistemas de control y manipulación de material en configuraciones para adaptarse a todo tipo de producción, incluyendo hornos galopantes, hornos de rodillos, hornos de torre, hornos de carga inferior, hornos de empuje, hornos de pozo, sistemas de lotes con carros calientes y fríos. “Con nuestra experiencia, somos la única fuente para todas sus necesidades de sistemas de hornos de proceso de aluminio y garantizamos el mejor rendimiento de nuestros equipos.”

El equipo de la línea de negocio ATM (Hornos de Atmósfera) se ha creado para procesos de tratamiento térmico, como procesos termoquímicos (cementación, nitruración y otros), procesos de cambio microestructural (temple, recocido, revenido), procesos especiales (spherodizing, recocido). Según las piezas, cargas, lotes, productividad y el proceso, los tipos de equipos que se ofrecen son los hornos de lotes (cámara, pote, campana, vagoneta), hornos semi-continuos (hornos multicámara, líneas de proceso automatizadas), hornos continuos (cinta, empuje, galopante, rodillo, solera giratoria, retorta giratoria), sistemas auxiliares (lavadoras, depósitos de temple, cámaras de enfriamiento, tolvas, alimentadores, transportadores, almacenes de carga, sistemas de alimentación de cualquier tipo). SECO/WARWICK suministra controles sofisticados, armarios y muestras para la simulación, control, registro, control in situ y en el tiempo de los procesos y los sistemas de alarma adecuados y la automatización interactiva. Todas las industrias, que requieren instalaciones de tratamiento térmico y proceso térmico, son atendidos por la línea de negocio ATM. Como socio de la industria de la producción de acero, ATM suministra equipos de gran tamaño, tales como hornos de laminación, hornos de precalentamiento de forja y hornos de recocido de campana de hidrógeno.

La línea de negocio CAB (Soldadura Atmósfera Controlada) suministra equipos de soldadura de atmósfera controlada (CAB), utilizando un fundente no corrosivo. Éste es el proceso preferido para la fabricación de intercambiadores de calor

de aluminio en el sector de automoción. Recientemente el uso de CAB aumenta en aplicaciones industriales, plantas energéticas y HVAC. Desde la incursión en este campo en 1983, SECO/WARWICK ha liderado el desarrollo de la avanzada tecnología en el proceso de soldadura de flujo continuo. Ofrece soluciones óptimas para todos los tipos de intercambiadores de calor industriales fabricados en largas, medias o cortas series de producción individual. Un sistema de horno CAB totalmente configurado incluye desengrasante térmico, una unidad de fundente, un horno de secado y el horno CAB. Disponibles diseños de hornos para producir una variedad de piezas en grandes o pequeñas series de volumen, son líneas de producción basadas en hornos de radiación (CAB R), hornos de convección/radiación (CAB CR) y hornos de convección (CAB C) para operación continua, Active Only® sistemas semi-continuos para tiradas cortas y de producción individual, y hornos de cámara con purga de vacío para prototipos de intercambiadores de calor, con propósitos de investigación y desarrollo.

La línea de negocios RETECH/VME (Equipo de Fusión en Vacío) suministra como líder mundial de suministro de equipos de procesos metalúrgicos en vacío, desde la escala de laboratorio a los grandes sistemas diseñados a la medida. Nuestras tecnologías de procesos avanzados incluyen el arco de plasma y fusión por haz de electrones en crisol frío, fusión por inducción en vacío y refusión por arco en vacío utilizados para la fundición, refinación, atomización de la colada de metales reactivos y refractarios, superaleaciones así como metales de tierras raras. El equipo típico suministrado para esta línea de negocio es la fusión por inducción en vacío (VIM), refusión por arco en vacío (VAR), fusión por arco de plasma (PAM), haz de electrones (EB), PACT™-Tratamiento de residuos medioambientales y equipos de producción de polvo (VIM).

Estufas especiales, hornos de producción de acero, equipos de producción de procesos termoquímicos, equipos y hornos de pruebas y laboratorio, incineradores

SECO/WARWICK y sus cinco líneas de negocio combinan una amplia habilidad y experiencia. Nuestros clientes tienen todo esto a su disposición y han estado utilizando esta excelencia en diversos proyectos de aplicaciones adaptadas especialmente exigentes y desafiantes. Esto ha creado un saber hacer de una serie de equipos de producción especiales (cámaras de pruebas de incendios, equipos de sala limpia, forja en vacío, líneas de producción de procesos térmicos, producción termoquímica y equipos de tratamiento de superficie): producción de parabrisas inclinados, pre-calentadores y secadores especiales, equipos de deposición de vapor químico (ECV), incineradores para la eliminación térmica y la utilización de diferentes tipos de residuos, las unidades de post-incineración de gases y mucho más.

Servicio Postventa

SECO/WARWICK suministra naturalmente repuestos y todos los servicios relacionados con las instalaciones SECO/WARWICK. Debido a nuestra larga presencia en el mercado, la experiencia de nuestros diseñadores e ingenieros de campo en equipos/procesos, nuestro acercamiento flexible a los problemas y por último lo más importante debido a la demanda de nuestros clientes, hemos extendido el servicio de postventa a otros equipos de tratamiento térmico y procesos térmicos. Nuestros stocks de piezas de recambio mantienen repuestos de marcas independientes, usados frecuentemente y nuestros técnicos están especializados en la optimización de procesos, la reparación, el mantenimiento y la restauración de equipos propios y distintos de SECO/WARWICK también. Como un servicio especial nosotros somos capaces de suministrar componentes manufacturados modernizados y mantener/reconstruir equipos con servicio OEM discontinuo.

Socios

SECO/WARWICK es su socio a nivel mundial y local para su negocio en el tratamiento térmico y equipos de termo-proceso. Con las nuevas tecnologías, la innovación y la adaptación a las nuevas y finas filosofías de proceso industrial nuestros productos proporcionan a nuestros clientes la ventaja competitiva para sus propios procesos de producción. Nuestro éxito en el mercado se debe a la duradera presencia en el mercado, la exitosa cooperación continua con los líderes mundiales de las industrias modernas, I+D bien desarrollada en casa, más cooperación con I+D externa instalaciones/centros académicos, el desarrollo continuo de la experiencia de nuestros empleados y nuestro acercamiento flexible a nuestros clientes y sus necesidades individuales.

Algunas consideraciones sobre los aceros inoxidables frente a la corrosión (Parte I)

Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz (†)

1. Introducción

Dentro de la amplia gama de características físicas, mecánicas, y tecnológicas dadas en los aceros inoxidables, que les hace atractivos para su utilización y empleo en casi todos los sectores industriales; es, sin lugar a dudas, la más importante de todas ellas su excelente **resistencia a la corrosión** en medios oxidantes. Tal característica ha sido desde sus inicios, la fuerza impulsora de su aplicación continuada y creciente en componentes de construcción mecánica: piezas, órganos constructivos y elementos mecánicos, estructuras, etc.

La **resistencia a la corrosión**, propiedad fundamental de los aceros inoxidables, hace que la superficie de los componentes mecánicos y piezas, con ellos fabricados, permanezca inalterada a lo largo de los años. Sólo con la condición primera, de que se conozcan las diversas formas de ataque corrosivo a que han de estar expuestos en servicio. Conocidas tales formas de ataque se determinan las medidas para reducir la intensidad de corrosión.

Los aceros inoxidables deben su buena resistencia a la corrosión, a la formación de una película protectora: capa superficial muy fina de óxido, llamada **película pasiva**. Se dice que un metal o aleación se encuentra en estado **pasivo** cuando es capaz de corroerse termodinámicamente, pero la velocidad de corrosión es tan limitada que, prácticamente, hace imperceptible los efectos de la propia corrosión; **p.ej.**: el cromo (**Cr**) en una solución ácida oxidante. Por el contrario, se dice que un metal o aleación se encuentra en estado **activo** si el proceso corrosivo es termodinámicamente posible y ocurre con velocidad apreciable, como sucede al hierro (**Fe**) en un ambiente ácido. Los aceros inoxidables pueden ser activos o pasivos, según las condiciones ambientales en que se encuentren. En el primer caso sufren fenómenos corrosivos, y en el segundo oponen una defensa válida ante la corrosión.

A título informativo, recordamos que la posibilidad de llegar a un estado pasivo desde una situación de actividad se presenta en una serie de metales tales como: aluminio (**Al**), cromo (**Cr**), hierro (**Fe**), níquel (**Ni**), titanio (**Ti**), etc., así como aleaciones metálicas, y en particular las aleaciones férricas de las que forman parte los aceros inoxidables.

La naturaleza exacta de la película pasiva ha sido objeto de numerosas investigaciones y puede considerarse que está constituida, fundamentalmente, por óxido de cromo. Si la película pasiva se rompe y no se autogenera –*no se* ***repasiva***– habrá corrosión.

Este concepto de la formación de la película pasiva es muy importante porque bajo condiciones que evitan su formación, o bien producen su rotura, habrá pérdida de la resistencia a la corrosión. La película pasiva, reiteramos, es: extremadamente fina, especialmente compacta, muy transparente e invisible, impermeable, tenazmente adherida y semiconductora, insoluble en agua, e insoluble en la mayoría de disoluciones. Sin embargo, existen otras disoluciones y gases que pueden destruirla; en este caso, o bajo condiciones no oxidantes en que la pelí-

cula pasiva no se autogenera, puede presentarse el fenómeno de corrosión.

La estabilidad del estado pasivo y, por tanto, la capacidad de los aceros inoxidables de resistir la corrosión, están particularmente ligadas a sus características intrínsecas y tecnológicas, –*composición*, *estructura*, *condiciones de empleo*, etc.– junto con la naturaleza del medio corrosivo a que están expuestos.

2. Influencia de los elementos de aleación sobre la resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables

El **cromo** (Cr) es el elemento básico en la pasivación de los aceros inoxidables; al aumentar el contenido de cromo (**Cr**) en la aleación, aumenta la resistencia a la corrosión de la capa pasivada. Esta resistencia es particularmente desarrollada en medios oxidantes. Sustancias fuertemente reductoras, ácidos clorhídricos y ácido fluorhídrico, destruyen la capa pasiva y corroen el metal; la presencia de iones negativos de cloro [$\mathbf{Cl^-}$] en solución, es el factor más activo en la destrucción y corrosión de los aceros con cromo.

El elemento que sigue en importancia al cromo (**Cr**), en este tipo de aleaciones inoxidables, es el **níquel** (Ni). En las aleaciones que han sido tratadas adecuadamente, este elemento aumenta la resistencia al ataque de los ácidos reductores, y/o de los ácidos de bajo efecto oxidante. El níquel (**Ni**) mejora asimismo ciertas propiedades mecánicas en los aceros inoxidables, y también los hace más soldables.

El **molibdeno** (Mo) hace que la capa pasiva sea más efectiva, en casos donde el cromo (**Cr**) sólo no es suficiente, como ocurre en materiales sometidos a la agresión de: ácidos sulfúrico y sulfuroso, soluciones neutras de cloro, agua de mar, etc. Contenidos altos de **silicio** (Si) aumentan la resistencia a la oxidación a elevadas temperaturas. La precipitación de carburos de cromo en los límites de grano, que propicia la corrosión intergranular, se puede especialmente evitar con la presencia en la composición de los aceros inoxidables del **niobio** (Nb) y/o del **titanio** (Ti).

3. Formas de corrosión

El metal pasivado está recubierto de una película protectora muy fina, transparente y especialmente compacta –***capa pasiva***– que hace a la superficie del metal insensible a la corrosión, dentro siempre, de ciertos límites. Se trata, pues, de definir tales límites.

Los riesgos de corrosión a los que eventualmente están expuestos los aceros inoxidables, son caracterizados por la naturaleza misma del medio corrosivo, en función de cuatro parámetros fundamentales:

- Potencial de hidrógeno (**pH**).
- Concentración de cloruros.
- Poder oxidante.
- Temperatura.

El **pH** y la concentración de cloruros determinan, por sí, la forma o tipo de corrosión: (1) **corrosión general** o **generalizada en medio ácido**; (2) **corrosión localizada en medio neutro clorurado**.

El poder oxidante y la temperatura del medio corrosivo, en función del **pH** y de la concentración de cloruros, definen la presencia o no del riesgo de corrosión.

Existen cuatro formas fundamentales de corrosión que se manifiestan en los aceros inoxidables:

a. Corrosión general y uniforme en un medio ácido: **corrosión generalizada**.
b. Corrosión por picaduras.
c. Corrosión cavernosa.
d. Corrosión bajo tensión.

Las tres últimas formas de corrosión [**b**, **c**, **d**] pertenecen al tipo de **corrosión localizada en un medio neutro clorurado**.

Hay otras formas de corrosión: (1) ***corrosión intergranular***; (2) ***corrosión galvánica***; (3) ***corrosión en hoja de cuchillo***; que se consideran manifestaciones específicas de las ya antes enumeradas, de las cuales sustancialmente se derivan. A estas formas de corrosión dedicaremos igualmente una amplia exposición.

3.1. *Corrosión general y uniforme en un medio ácido*

Es una forma de corrosión que provoca una disminución regular del espesor del material por ataque generalizado y uniforme en toda la superficie, al mismo tiempo que la superficie del material se va empañando y pierde su lustre metálico; **figura 1**.

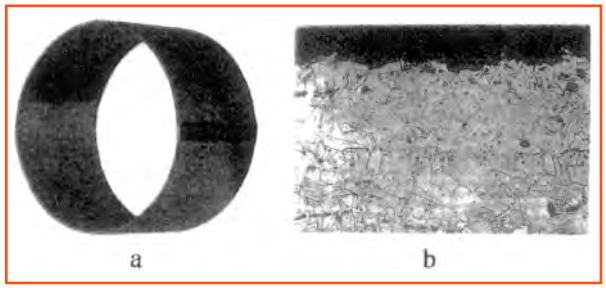


***Figura 1**. Corrosión generalizada: (**a**) adelgazamiento regular en un medio ácido y pérdida del lustre metálico del material afectado. (**b**) Micrografía que muestra una superficie uniformemente atacada, sin puntos de ataque preferentes.*

La **corrosión general** es la forma más común de ataque corrosivo. Se produce en todos aquellos aceros inoxidables que se utilizan en trabajos cuyas condiciones de severidad sobrepasan sus propias posibilidades; corrosión, principalmente, uniforme que tiene lugar en la zona activa o transpasiva de los aceros inoxidables. Se manifiesta, siempre, en forma de agresión progresiva y a velocidad relativamente constante en el tiempo y en toda la superficie del metal, en contacto con un determinado medio corrosivo.

La corrosión generalizada es el tipo de corrosión menos peligrosa, puesto que se puede calcular la pérdida de material con suficiente aproximación, ya que su determinación cuantitativa es fácil. La pérdida de peso puede indicarse en función del tiempo y de la superficie atacada. Una expresión cuantitativa –*cuyo interés práctico es evidente*– da la pérdida del metal, indicando su adelgazamiento, se expresa en milímetros por año [mm/año]*.

La corrosión general es, en cierto modo, la forma más deseable de corrosión, ya que permite predecir la vida útil del componente y/o la de la pieza en servicio.** En la práctica se pueden considerar tres niveles de corrosión general que afectan, en mayor o menor grado, a los elementos constructivos, piezas y componentes, etc. que están expuestos a esta forma de corrosión:

- *Corrosión inferior a* 0,1 mm/año. Los materiales afectados son completamente utilizables, incluso en sus secciones más críticas.

- *Corrosión comprendida entre* 0,1 y 1,1 mm/año. Los materiales que presentan este ataque, tienen una vida de servicio limitada, pero pueden ser perfectamente utilizables en los casos donde se tolere una cierta disminución del espesor o adelgazamiento del material afectado.

- *Corrosión mayor de* 1,1 mm/año. Los materiales con este grado de corrosión, no es aconsejable su utilización.

El binomio **medio corrosivo–metal** caracteriza la excelente resistencia a la corrosión general, que especialmente todos los aceros inoxidables presentan. Aceros que en contacto con medios o soluciones de ácidos oxidantes, soluciones de ácido nítrico, resisten perfectamente esta forma de corrosión.

3.2. *Corrosión localizada en un medio neutro clorurado*

Esta forma de corrosión es debida a perturbaciones locales de la capa pasiva de las aleaciones inoxidables. Es una corrosión fisurante con aparición de grietas, o bien picaduras superficiales; resultantes de la rotura local de la capa pasiva. Cuando por causas químicas o mecánicas la película pasiva es localmente dañada, aparece una **corrosión localizada** que progresa rápidamente. Cuanto más resistente sea la capa pasiva, tanto mayor será su resistencia a la corrosión química correspondiente. Si la rotura de la capa pasiva es de naturaleza mecánica, el metal dañado se disolverá localmente pasando al estado activo.

La velocidad de corrosión estará sólo limitada por el grado de disolución del metal durante su pase al estado activo, o también por la velocidad con que es capaz de **repasivarse** espontáneamente el metal dañado desde ese mismo estado.

Indicamos, a continuación, las diferentes clases de ***corrosión localizada en un medio neutro clorurado*** que se presentan más comúnmente en los componentes, estructuras, y demás piezas de acero inoxidable: (1) **corrosión por picaduras**; (2) **corrosión cavernosa**; y (3) **corrosión bajo tensión**. En la **figura 2** se representan esquemáticamente estas formas de corrosión.

---

* En la industria química y en general, se admite que un metal es muy satisfactorio cuando su pérdida de espesor es inferior a 0,1 mm/año.

** A modo indicativo, en la práctica se considera que la resistencia a la corrosión es excelente cuando la pérdida, en peso de material, es inferior a 25 mg/cm^2 en 24 horas y es aceptable cuando es inferior a 250 mg/cm^2 en ese mismo espacio de tiempo.

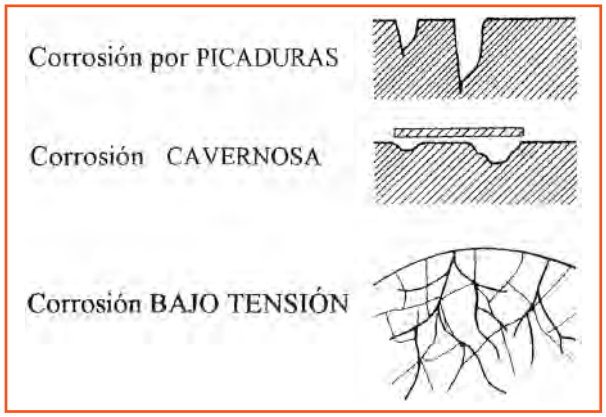


***Figura 2**. Representación esquemática de las tres formas principales de **corrosión localizada**: corrosión por picaduras; corrosión cavernosa y corrosión bajo tensión.*

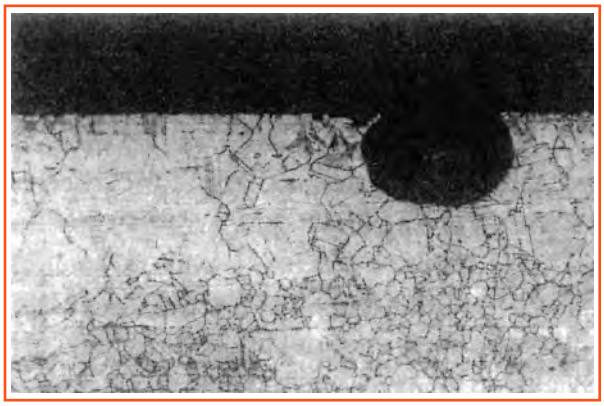


***Figura 4**. Detalle, a tamaño natural, de la profundidad de una picadura. Acero inoxidable austenítico **X5CrNi 18. 9**, sección transversal.*

3.2.1. *Corrosión por picaduras. Pitting corrosion*

Es una forma peligrosa de corrosión, y la más frecuente en los aceros inoxidables. Se manifiesta por un ataque localizado en ciertas zonas del metal; formándose, entonces, orificios o picaduras más o menos profundos, que pueden progresar hasta la total perforación del material; **figuras 3** y **4**.

La picadura responde a una perforación local de la capa pasiva, y se produce cuando la película pasiva –*capa protectora*– se rompe en pequeños puntos aislados, por la acción de partículas extrañas y de ciertos cloruros que se depositan en la superficie del metal. Una vez iniciada la corrosión, el ataque corrosivo puede acelerarse por la diferencia de potencial existente entre el área de la superficie pasiva y la picadura activa. La **figura 5** muestra el mecanismo autocatalítico de corrosión. Los medios corrosivos que más fácilmente provocan esa forma de ataque son los compuestos clorurados, sales halógenas, etc.; si bien los cloruros, los bromuros y los hipocloritos son los medios más agresivos.

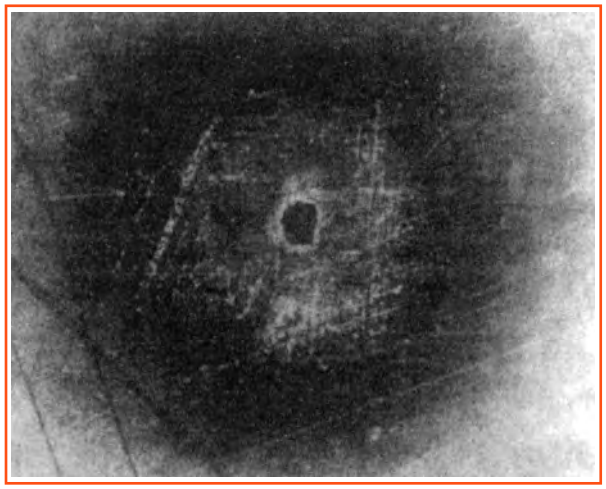


***Figura 3**. Corrosión por picadura producida en un acero inoxidable austenítico **X5CrNi 18.9**. Picadura provocada por ataque electrolítico en solución acuosa de ácido oxálico. En el plano se evidencia la picadura y la configuración característica, en halo, del área catódica: corona más oscura.*

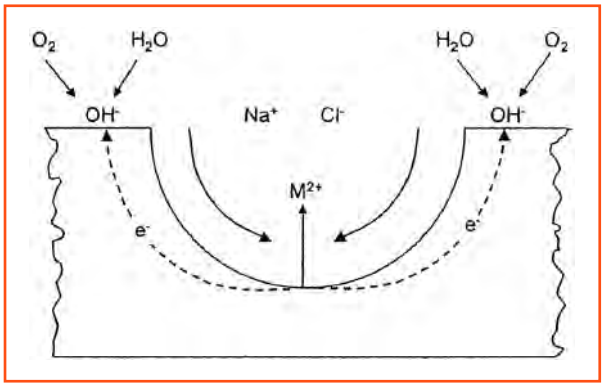


***Figura 5**. Representación esquemática del mecanismo de crecimiento de una picadura. Acero inoxidable sumergido en una solución salina oxigenada.*

La corrosión por picaduras es, en general, un proceso lento de ataque que puede tardar meses o años en manifestarse, pero que puede causar daños imprevistos. Debido al pequeño tamaño de las picaduras, y a la minúscula cantidad de metal disuelto que es necesario para formarlas, es difícil detectar esta forma de corrosión en sus comienzos. Después de que se inicia la corrosión –**figuras 6**– hay una acidificación local del medio corrosivo, por la producción de la corrosión propiamente di-

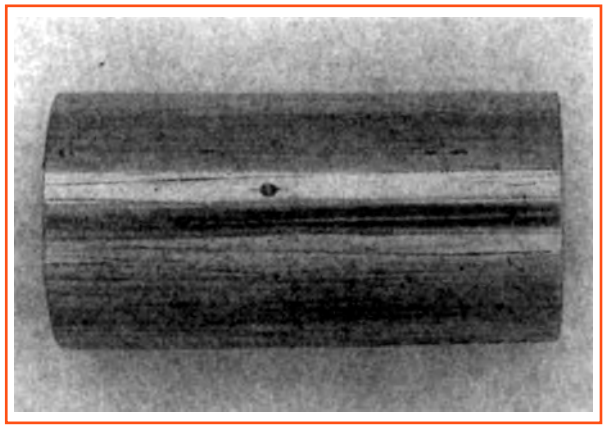


Figura 6**. Inicio, por corrosión, de picaduras, cuyo origen se encuentra en las inclusiones no metálicas y rayas longitudinales localizadas en la superficie de un tubo estirado en frío. Acero inoxidable austenítico* ***X5CrNi 18.9*.*

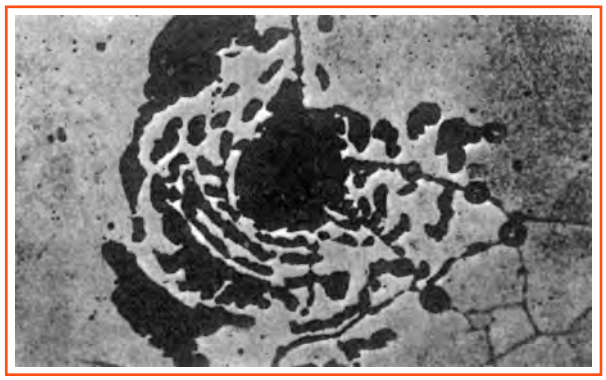


Figura 7**. Desarrollo de las picaduras de la* ***Figura 6 *activadas por la acción de una acidificación local del medio corrosivo atacante, que facilita muy mucho la progresión de las picaduras hasta la rotura final de la pieza o componente.*

cha, que facilita el desarrollo ulterior de la picadura que puede llegar hasta la perforación total del metal; **figura 7**.

En la práctica, los aleantes más eficaces del acero para aumentar su resistencia a la corrosión por picaduras son: níquel (**Ni**), molibdeno (**Mo**), silicio (**Si**), vanadio (**V**), y nitrógeno (**N**). Por tal motivo, los aceros inoxidables austeníticos resisten mejor esta forma de corrosión que los aceros inoxidables ferríticos; y en mayor grado, todavía, que los aceros inoxidables martensíticos.

Como regla general se puede decir que las soluciones sólidas que aparecen en la masa matricial del metal: sulfuros, ferrita delta (**δ**), fase sigma (**σ**), fase alfa (**α**), etc. –*junto con los procesos térmicos de soldadura* y *de sensibilización*– favorecen la formación de picaduras.

Aparte de la apropiada selección del material, la limpieza de la superficie metálica es otra vía o medio para mejorar la resistencia a estas formas de ataque. La resistencia a la corrosión por picaduras se refuerza, también, por inmersión de las piezas en una disolución de ácido nítrico al 20/40% durante unos 30 minutos, y a una temperatura comprendida entre los 45 y 55 °C: **pasivación**. Esto es válido para cualquier tipo de acero inoxidable.

3.2.2. *Corrosión cavernosa. Crevice corrosion*

Se denomina asimismo con distintos términos: *corrosión intersticial*, *corrosión en grietas*, *corrosión de las hendiduras*, y *corrosión por aireación diferencial*. A diferencia de la corrosión por picaduras, la **corrosión cavernosa** afecta a zonas bien determinadas de la superficie metálica. Se manifiesta como un ataque localizado en pequeñas cavidades, superficies solapadas, delgadas grietas, y hendiduras existentes en el material; **figura 8**. Puntos éstos, siempre, de una intrincada geometría en los que el medio agresivo se encuentra atrapado y encajonado, donde tiene una difícil circulación que impide la aireación y, por tanto, la regeneración de la capa pasiva.

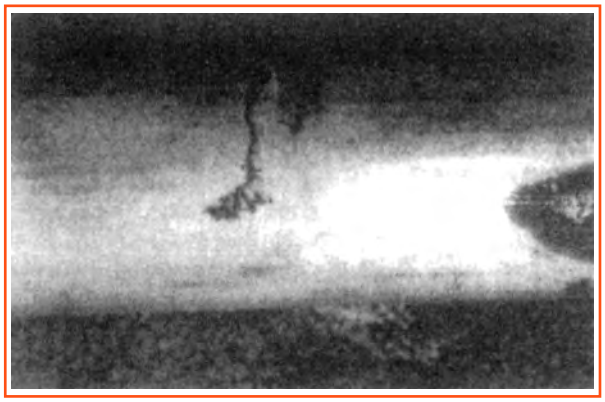


Figura 8**. Corrosión cavernosa: grietas solapadas y pequeñas cavidades superficiales. Corrosión que se origina por la presencia y acción del medio agresivo atrapado y encajonado en esas grietas, falto de oxígeno en solución. Acero inoxidable austenítico* ***X5CrNi 18.10*.*

Es una de las formas de ataque más importantes de los aceros inoxidables; sobre todo, en lo que se refiere a piezas, estructuras y componentes que están expuestos a los ambientes marinos: tornillos, tuercas, pernos, depósitos de arena, etc., que se ven afectados por todo tipo de incrustaciones marinas: causa y motivo principal de esta forma de corrosión; **figura 9**. Una vez que se ha iniciado la

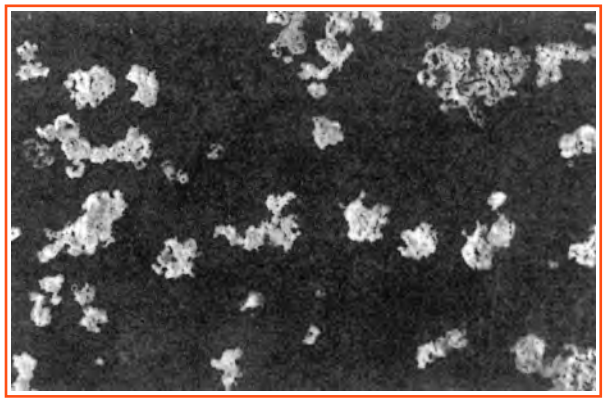


***Figura 9**. Corrosión cavernosa originada en acero inoxidable austenítico* **X5CrNi 18.9**. *En la superficie de la muestra, que ha estado sumergida en el mar, hay señales de incrustaciones marinas que al quedar adheridas al metal, han dado origen a fenómenos corrosivos de tipo intersticial.*

zona anódica, en la región del medio corrosivo estancado, por la no regeneración de la película pasiva; el mecanismo autocatalítico de la propagación de la reacción es del todo semejante al de las picaduras, como puede apreciarse en la **figura10**.

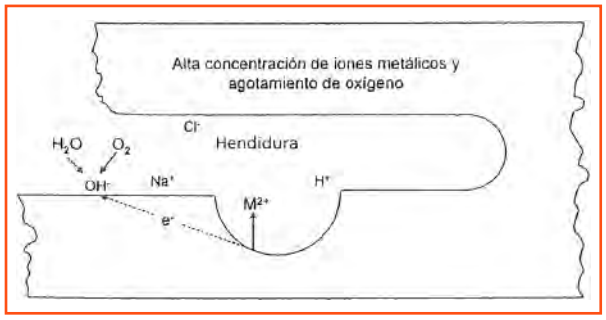


***Figura 10**. Representación esquemática del mecanismo de corrosión cavernosa.*

Los aceros inoxidables austeníticos resisten esta forma de corrosión mejor que los ferríticos, y aún más que los martensíticos; circunstancia que es debida, en principio, al contenido de níquel (**Ni**), no presente en los aceros inoxidables martensíticos *–excepto en un grupo reducido–* ni tampoco en los aceros inoxidables ferríticos.

El aleoelemento que aumenta más eficazmente la resistencia a esta forma de corrosión es el molibdeno (**Mo**); por lo que en medios clorurados, el acero **AISI 316-L** [**X5CrNiMo17.13.2**] es el más resistente a la corrosión cavernosa entre todos los aceros del grupo de inoxidables ordinarios.

En ambientes muy corrosivos habrá que disponer de las aleaciones con base níquel: ***Inconel* 625*** y ***Hastelloy* C-276****, que se distinguen por sus altos contenidos de níquel (**Ni**), de molibdeno (**Mo**) y de cromo (**Cr**).

Un medio eficaz de evitar la **corrosión cavernosa** en aguas marinas es la protección catódica; pero solamente se puede aplicar en aceros austeníticos, ya que los aceros ferríticos y los martensíticos están expuestos a la fragilización por hidrógeno**.**

Como remedios para prevenir la corrosión cavernosa, se citan los siguientes:

- Recubrir las zonas susceptibles de corrosión, con una aleación resistente.
- Diseño adecuado de los componentes, o piezas, para evitar intersticios.
- Recubrir con pintura las zonas catódicas circundantes.
- Usar pasta inhibidora.
- Evitar junturas de metal/no metal.

3.2.3. *Corrosión bajo tensión. Stress corrosion*

La **corrosión bajo tensión** es un fenómeno de ataque localizado que se presenta en casi todas las aleaciones metálicas y, particularmente, en los aceros inoxidables austeníticos. Se define como una ruptura espontánea del metal, sin deformación visible bajo la acción conjunta entre una solicitación mecánica estática de tracción y un medio corrosivo; **p.ej.**: un medio clorurado.

La corrosión bajo tensión es uno de los problemas metalúrgicos más importantes pendientes todavía de resolver. Las tensiones que causan el agrietamiento se originan como resultado de una deformación en frío, soldadura, tratamiento térmico, u otro tipo de tensiones producidas externamente en servicio. Las grietas pueden ser intergranulares o transgranulares; **–figura 11–** y casi siempre tienen tendencia a ramificarse en el interior del metal, y su aspecto es muy similar a las raíces de un arbusto en su desarrollo en el subsuelo; **figura 12**.

El mecanismo de la formación inicial de una grieta,

* **Inconel 625**. Aleación base níquel con muy bajo carbono [Ni 21%; Cr5%; Mo 9%; Nb 3,60% + Ta].

** **Hastelloy C-276**. Aleación base níquel con muy bajo carbono [Ni 57%; Cr 15,50%; Mo16%].

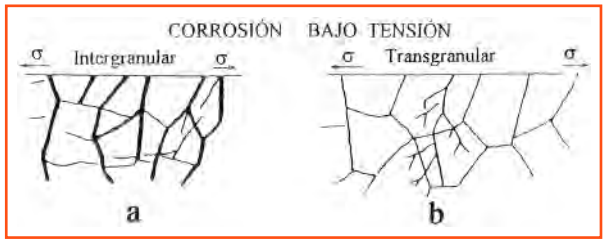


***Figura 11**. Forma y orientación de las grietas que se originan, normalmente, en la corrosión bajo tensión: (**a**) grietas intergranulares; (**b**) grietas transgranulares.*

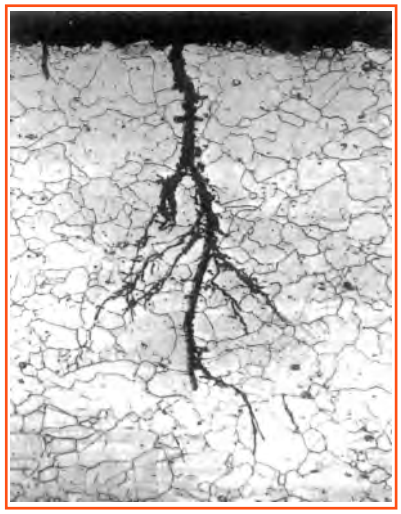


***Figura 12**. Apariencia ramificada, de raíz de arbusto, característica de las grietas originadas por corrosión bajo tensión. Acero inoxidable austenítico **X5CrNi 18.9**.*

y su posterior propagación, depende: (1) del medio corrosivo; (2) de la microestructura del metal; y (3) de la tensión o esfuerzo que se ha aplicado al mismo. De hecho hay que combinar causas mecánicas y electroquímicas para dar una explicación satisfactoria. El inicio de una grieta supone la disolución de la superficie en un punto de terminado del metal por agentes corrosivos; **p.ej.**: iones cloro [**Cl^-**], y con la ayuda de las dislocaciones originadas por las tensiones inducidas al material; **figura 13**.

Los casos prácticos de corrosión bajo tensión se observan, casi siempre, en medios clorurados. Un ejemplo clásico se da en las instalaciones frigoríficas de la industria lechera; instalaciones que normalmente están formadas por conjuntos de paneles *–entre los que circula el producto lácteo alternándose con una disolución de cloruro cálcico–* fabricados con acero inoxidable austenítico **AISI 304** [**X5CrNi18.10**] conformados en frío. Las grietas se presentan en los puntos de los paneles que han sufrido una intensa embutición durante su puesta en forma, o en aquellas zonas que se han producido tensiones térmicas.

La corrosión bajo tensión es la forma más preocupante de corrosión. La más peligrosa es la producida en medios agresivos tales como el agua caliente, o vapor a altas temperaturas, *–vapor sobrecalentado–* y en presencia de cloruros y/o hidróxidos metálicos. Estas sustancias, cuando se concentran en límites altos, disuelven la capa pasiva y provocan el inicio de fisuras transgranulares normalmente ramificadas; **figura 14**; el efecto es más acusado en componentes y piezas conformadas en frío. Las condiciones húmedo-secas, que fomentan la concentración de cloruros en los intercambiadores de calor son particularmente agresivas en la iniciación de la corrosión bajo tensión.

***Figura 13**.-Red e inicio de grietas –en un punto tensionado del material expuesto a un medio corrosivo– por la acción destructora de iones cloro [**Cl^-**] y con la ayuda de las dislocaciones por tensión habidas en el metal durante su transformación en piezas, o bien tensiones originadas en su trabajo mecánico. Acero inoxidable austenítico **X5CrNi 18.10**.*

Está comprobado, no obstante, que a temperaturas por debajo de 50 °C (**T^a** < 50 °C) no hay riesgo de corrosión bajo tensión. A partir de esta temperatura

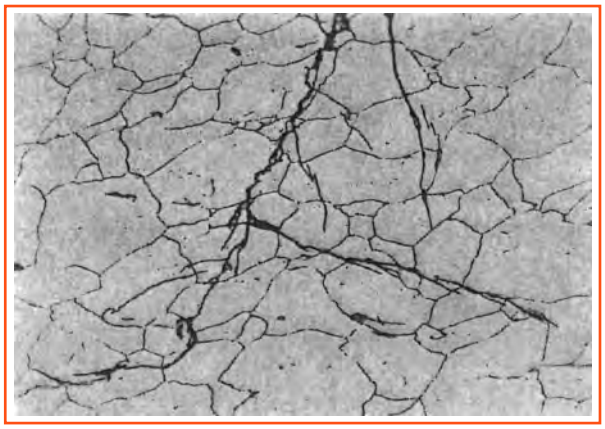


***Figura 14**. Grietas ramificadas y transgranulares típicas de corrosión bajo tensión. Acero inoxidable austenítico **X5CrNi 18.9**.*

y, sobre todo, a temperaturas superiores a los 70 °C (**T**ª > 70 °C) comienza a manifestarse esta forma de corrosión. Incluso con bajísimas concentraciones de cloruros en solución. A temperaturas próximas a los 300 °C, sólo con un contenido en solución muy pequeño; **p.ej.**: cinco partes por millón (5 ppm) de iones cloro [Cl^-] son suficientes para causar corrosión por tensión en aceros inoxidables austeníticos de la clase **AISI 304 [**X5CrNi18.10**]**, y con la presencia de oxígeno.

En la prevención de la corrosión bajo tensión, es muy importante eliminar al máximo la concentración de cloruros en los líquidos que van estar en contacto con los componentes y piezas fabricadas de acero inoxidable. Los tratamientos térmicos deberán realizarse de forma tal que se eviten tensiones residuales en las piezas, y cuando las tensiones se producen durante su hechurado, han de eliminarse mediante un recocido apropiado.

Muy importante es el estado superficial de las piezas y el de los componentes soldados. Es igualmente perjudicial el rectificado o pulido mecánico, ya que se produce un estado de tensión superficial que favorece la iniciación de grietas. Sin embargo, el chorreado con arena o granallado es beneficioso, debido a las tensiones de compresión que provoca en superficie. La influencia de los aleoelementos (%) es decisiva; si disminuye el contenido de níquel en los aceros inoxidables austeníticos, por debajo del ocho por 100 (**Ni** < 8%), la estructura pasa de austenítica a austeno-ferrítica.

La estructura austeno-ferrítica atenúa la susceptibilidad de corrosión bajo tensión frente a la mayoría de reactivos clorurados. Los aceros inoxidables austeno-ferríticos son un ejemplo claro de lo antes indicado, ya que muestran una resistencia a la corrosión bajo tensiones muy superior, a la que presentan los aceros inoxidables austeníticos del tipo **AISI 304** [**X5CrNi18.10**].

Estudios realizados por Climax Molybdenum Company, indican que el acero **AISI 317**, [**X5CrNiMo17.13.3**] acero inoxidable austenítico con alto molibdeno [**Mo** = (3 ÷ 4%)], tiene una resistencia excelente a esta clase de corrosión; demostrada en ambientes de desulfuración de gases de combustión.

La resistencia a la corrosión bajo tensión de los aceros inoxidables ferríticos, se puede mejorar con el aumento de los contenidos de cromo (**Cr**) y molibdeno (**Mo**) en los mismos, y con ello se incrementa al mismo tiempo: la ductilidad, la resistencia mecánica, y la facilidad de soldeo.

La ausencia de "impurezas" tales como: arsénico (**As**), fósforo (**P**), plomo (**Pb**), bismuto (**Bi**), aluminio (**Al**), etc, mejora considerablemente la resistencia a esta forma de corrosión. Está demostrado que los aceros inoxidables colados al vacío alcanzan una notable superioridad de resistencia a la corrosión bajo tensión, frente aquellos otros aceros inoxidables de idéntica composición pero que han sido elaborados convencionalmente y a los que no se le ha realizado el vacío.

Tomando las debidas precauciones durante la fabricación de piezas y demás componentes obtenidos con acero inoxidable, se puede prevenir al máximo la corrosión bajo tensión. Hay que evitar, fundamentalmente, los fuertes golpes y eliminar al mismo tiempo toda huella que han podido dejar los productos decapantes. Los choques térmicos y el cizallado generan también en los materiales correspondientes, tensiones muy peligrosas y no deseables. Por último indicar que el contacto de las piezas y demás elementos mecánicos, con aislantes térmicos o eléctricos es muy peligroso y, tanto más, si el medio donde se trabajan contiene cloruros.

4. Las otras formas de corrosión

Las tres formas de corrosión que a continuación comentamos constituyen, como ya antes se ha indicado, manifestaciones específicas de las anteriormente estudiadas de las cuales, sustancialmente, se derivan: (1) **corrosión intergranular**; (2) **corrosión galvánica**; (3) **corrosión en hoja de cuchillo.**

4.1. *Corrosión intergranular. Intergranular corrosion*

Los límites de grano son las regiones donde, preferentemente, se precipitan los componentes disueltos en la aleación inoxidable: carburos, carbonitruros, fase sigma (σ) y otros compuestos intermetálicos. Es lógico pues que en medios especialmente corrosivos los límites de grano sufran el ataque, llamado **corrosión intergranular**.

La **corrosión intergranular** afecta y es propia, particularmente, de los aceros inoxidables austeníti-

cos, y sólo se produce si se dan en ella tres condiciones fundamentales:

- Que el metal sea sensibilizable, es decir, que tenga en el estado de hipertemple el suficiente carbono para poderse precipitar bajo la forma de carburo de cromo.

- Que la aleación inoxidable haya sido sensibilizada, para lo cual el material ha tenido que estar un determinado tiempo en un intervalo crítico de temperatura comprendido entre 450 y 850 °C. Circunstancia ésta que permite la precipitación de carburos de cromo en los límites de grano, originándose entonces, la descromización parcial de la zona contigua –*muy estrecha*– a los límites de grano; **figura 15**.

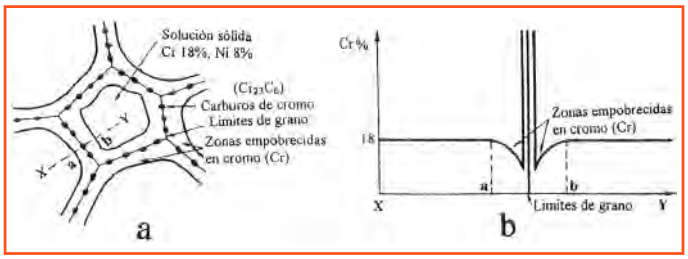


***Figura 15**. Acero inoxidable austenítico sensibilizado. Representación esquemática: (**a**) precipitación de carburos de cromo (**$Cr_{23}C_6$**) en los límites de grano; (**b**) empobrecimiento de cromo (**Cr**) a lo largo de la recta **XY** de la figura (**a**).*

- Que los medios corrosivos que actúan sobre el material: (1) sean tales; y (2) haya una cierta diferencia entre la velocidad de solución sólida austenítica y la velocidad de disolución de las zonas descromizadas del acero inoxidable en cuestión.

En la **corrosión intergranular** el ataque corrosivo, como ha quedado reflejado, se manifiesta en los límites de grano y en zonas muy próximas a ellos, por motivo de un calentamiento o de un enfriamiento relativamente lentos del material afectado. La acción corrosiva es más intensa cuando se opera en el mencionado nivel crítico de temperaturas, comprendido entre 450 y 850 °C, ya que el material resulta **sensibilizado**.

Se dice que un acero inoxidable austenítico se encuentra sensibilizado cuando al sumergirse en un determinado medio agresivo, se produce en él una corrosión intergranular. La sensibilización se observa, sobre todo, a ambos lados del cordón de soldadura de piezas y componentes inoxidables que han sufrido alguna operación de soldeo; son zonas contiguas al cordón donde se alcanzan temperaturas muy dispares –*desde la temperatura de fusión, hasta las relativamente próximas a la temperatura ambiente*–; **figura 16**. En esos niveles de temperatura el cromo (**Cr**) tiende a combinarse con el carbono (**C**), formando los clásicos carburos de cromo **$Cr_{23}C_6$** que precipitan, principalmente, a lo largo de los límites de grano; **figura 17.**

La corrosión ocurre cuando el agente corrosivo ata-

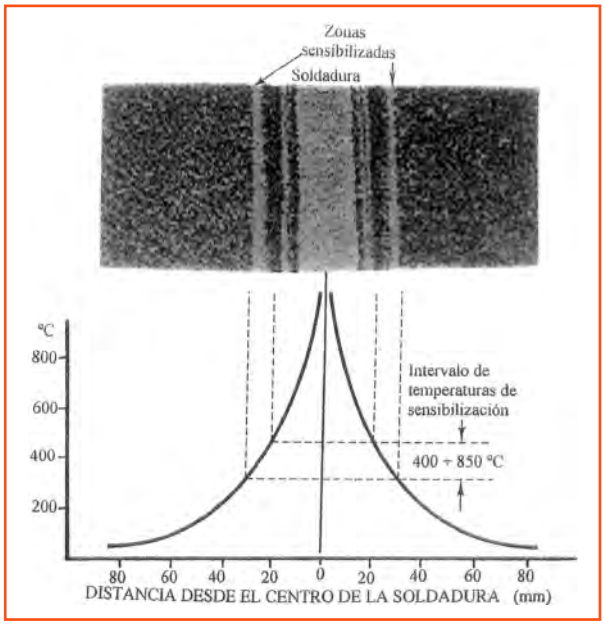


***Figura 16**. Esquema representativo del perfil de temperatura de una acero inoxidable austenítico después de la soldadura, mostrando el intervalo de sensibilización en el sentido contrario a la soldadura.*

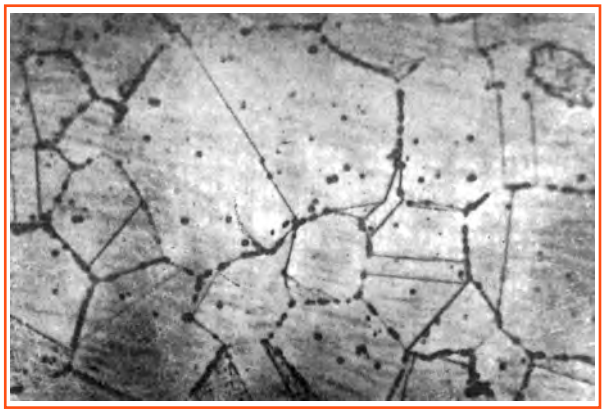


***Figura 17**. Corrosión intergranular de un acero inoxidable austenítico sensibilizado calidad **X5CrNi 18.9**. Pecipitación de carburos en los límites grano.*

ca de manera preferente los límites de grano, –**figuras 18**– o las zonas contiguas a él, que han perdido parte del aleante necesario para su protección corrosiva: el **cromo**. El efecto de sensibilización, o precipitación de carburos, lleva consigo una reducción de cromo (**Cr**), y la consiguiente disminución de resistencia a la corrosión en las zonas muy próximas a los límites o juntas de grano. Esto es debido al empobrecimiento de cromo en dichas zonas: **descromización**.

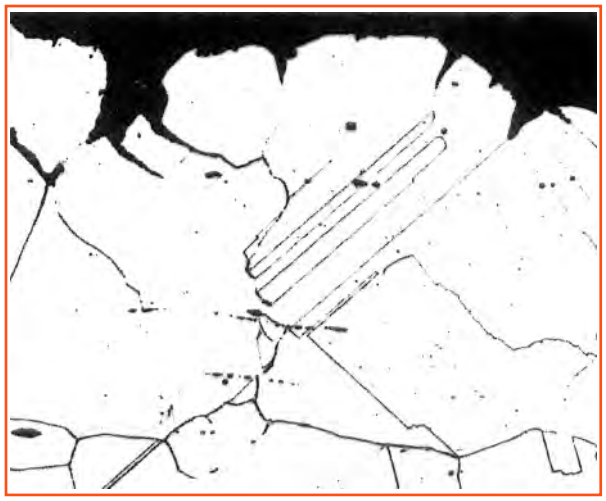


***Figura 18**. Microestructura (X 500). Corrosión intergranular de un acero inoxidable austenítico **X5CrNi18.10**, altamente sensibilizado en el proceso de soldadura.*

Consideremos el caso de soldadura de los aceros inoxidables austeníticos más clásicos: 18 por ciento de cromo y 8 por 100 de níquel [**Cr18**%; **Ni8**%]. Se produce un gradiente de temperatura a partir de la región en que tiene lugar la soldadura, de tal manera que en algunas zonas la temperatura de la aleación favorece la precipitación de los carburos de cromo, que aparecen en los límites de grano de la solución sólida austenítica. La rapidez de enfriamiento del cordón de soldadura no permite la homogeneización total de la solución sólida austenítica; formándose, entonces, unas zonas descromizadas muy próximas a los límites de grano y cuya anchura no excede de 1 a 2 µm; ver **figura 15**.

En efecto los carburos de cromo $\mathbf{Cr_{23}C_6}$ contienen un 90 por 100 de cromo (**Cr** = 90%) que ha sido sustraido de la región que rodea los límites de grano. El contenido de cromo en tales áreas está muy próximo al 10 por 100 (**Cr** ≈10%). La corrosión intergranular es un fenómeno que, como se puede observar en la **figura 15**, depende del tiempo y de la temperatura. Tienen influencia, también, el grado de sensibilización del acero, y la agresividad corrosiva del medio al que está expuesto el metal.

Hay que puntualizar, que un acero inoxidable en estado sensibilizado puede ser atacado por un cierto número de agentes corrosivos; y no por ello ha de sufrir, en la práctica, corrosión intergranular. Son múltiples los ejemplos de componentes y piezas sensibilizadas que no sufren corrosión intergranular; sobre todo, aquellos elementos mecánicos que están en contacto con ambientes cuyas temperaturas no sobrepasan los 35 °C. Tampoco suele haber peligro de corrosión intergranular, si las aleaciones inoxidables austeníticas no se exponen a ambientes húmedos o a líquidos no clorados.

Los medios ambientales que provocan la corrosión intergranular son:

- Soluciones nítricas en caliente con concentraciones de hasta el 50 por 100 (50%).
- Mezcla de ácido sulfúrico con sales cúpricas o férricas.
- Mezclas de sulfonítricas y nitrofluorhídricas.
- Ácidos: sulfuroso, fluorhídrico, fosfórico, acético y láctico.
- Agua de mar, crudo –*petróleo bruto*–, disolventes clorados.

4.2. *Corrosión galvánica. Galvanic corrosion*

Esta forma de corrosión se presenta cuando dos metales en contacto directo, están expuestos a una disolución conductora. Entre dos metales, normalmente de distinta naturaleza, existe una diferencia de potencial que sirve de fuerza impulsora del paso de la corriente a través del medio corrosivo. En estas condiciones circula una corriente eléctrica que produce en el metal "menos noble" la reacción anódica de ataque con ionización y disolución del mismo. El metal más activo, "menos noble", sufre mayor ataque, y el más pasivo, "más noble", se ataca menos, frente al comportamiento corrosivo que tienen ambos metales en un mismo medio, cuando están en contacto directo.

La intensidad de corrosión depende, generalmente:

- De la relación de áreas entre ánodo y cátodo. Se puede minimizar o disminuir la corrosión, procurando que la diferencia entre las áreas del metal "noble", pasivo, y la del metal "menos noble", activo, sea escasa.

- De la diferencia de potencial entre metales de naturaleza distinta en caso de ataque por agua de mar, está determinada por sus posiciones respectivas en la serie galvánica; **tabla I**. Cualquier metal de la serie tiende a tener una corrosión acelerada cuando se acopla, en presencia de un electrolito, con un metal de posición más baja de la tabla. Cuando mayor es la distancia posicional de los metales que se acoplan, mayor también es la velocidad de corrosión.

METALES Y ALEACIONES DE SERIES GALVÁNICAS EN AGUA DE MAR

Magnesio	
Cinc	**ÁNODO**
Aluminio 3003	Mas probabilidad de ser atacado
Aluminio 6061	
Aluminio 6063	
Aluminio 5052	
Acero común	
Acero de baja aleación	
Hierro fundido	
Acero inoxidable (activo)	
Metal Muntz	
Latón amarillo	
Latón rojo	
Cobre	
Aleaciones cobre-níquel	
Plata	
Acero inoxidable tipo 303 (pasivo)	
Acero inoxidable tipo 304 (pasivo)	
Acero inoxidable tipo 316 (pasivo)	
Oro	Más noble
Platino	**CÁTODO**

Fuente: ITT Harper

***Tabla I**. Metales y aleaciones de series galvánicas en agua de mar.*

Los aceros inoxidables en estado pasivado son materiales netamente catódicos, "nobles", como muestra la **tabla I**, referida al agua de mar como electrolito. Por consiguiente, al poner en contacto aceros inoxidables con otros materiales metálicos, conviene tener siempre en cuenta este hecho para no dañar, en lo posible, el metal más anódico, "menos noble". El metal más anódico siempre se corroe a mayor velocidad que el catódico, metal "noble", cuando la diferencia de áreas o superficies es sustancialmente muy acusada.

La corrosión galvánica se reconoce, con frecuencia, como la forma de corrosión más intensa que tiene lugar en las zonas de unión de dos metales. Las irregularidades físicas de la soldadura; **p.ej.**: poros y defectos de penetración, pueden originar oquedades en las que el agente agresivo no se renueva y donde el oxígeno se difunde mal; entonces los productos de la corrosión se acumulan y aceleran el ataque. Una soldadura sana ha de ser lisa y compacta para resistir los efectos de la corrosión galvánica.

Cuando una pequeña área de metal activo, se acopla con un área sensiblemente mayor del metal "noble" en un medio conductor, agua de mar por ejemplo, el ataque corrosivo puede ser muy importante. Casos típicos de corrosión galvánica se presentan en las uniones atornilladas y remachadas. Aunque hay uniones de muy diversos materiales, los aceros inoxidables son una buena elección, sobre todo, si los materiales a unir también son inoxidables.

Un factor muy importante a tener en cuenta en las uniones atornilladas y remachadas, es la evaluación de una posible corrosión galvánica en agua de mar. Si se unen; **p.ej.**: planchas de cobre de mayor superficie –*catódica*– con remaches o bien con tornillos de pequeña superficie –*anódica*– fabricados con acero aleado o con acero al carbono de construcción; los remaches o los bien tornillos se corroerán rápidamente. Por el contrario si, para esa misma unión y mismo ambiente corrosivo, se utilizan remaches o tornillos y planchas de mayor superficie –*catódica*– ambos de acero inoxidable, habrá por diferencia de área, sólo un pequeñísimo ataque galvánico, a través del tiempo, alrededor de los elementos de unión: superficie anódica. La **figura 19** nos muestra este fenómeno.

En las especificaciones de aviación, referidas a uniones atornilladas y a uniones remachadas de acero inoxidable en estructuras de aluminio, aseguran este principio de relación-área. Se reduce, por tanto, el peligro de corrosión en virtud de que la superficie del elemento catódico, tornillo o remache, es muy pequeña con relación a la superficie anódica estructural: perfil de aluminio.

4.3. *Corrosión en hoja de cuchillo*. *Knife-edge corrosion*

Es importante y significativo advertir que los llamados aceros **inoxidables austeníticos estabilizados**, pueden sufrir un ataque intergranular y corroerse bajo ciertas condiciones. Corrosión que en un principio se creyó que era debida, mayormente, a la precipitación de carburos de cromo [$(CrFe)_4C$], más que a la de los propios carburos de niobio (**NbC**), o de titanio (**TiC**). Hemos de hacer constar, en primer término, que esta forma de corrosión afecta a zonas del material que han alcanzado temperaturas superiores a los 1.100 °C, durante la operación de soldadura. Las áreas afectadas son estrechas bandas inmediatamente adyacentes, "tocando", al cordón de soldadura; **figura 20**.

La **corrosión en hoja de cuchillo**, según se ha podido apreciar en la **figura 20**, se diferencia de la corro-

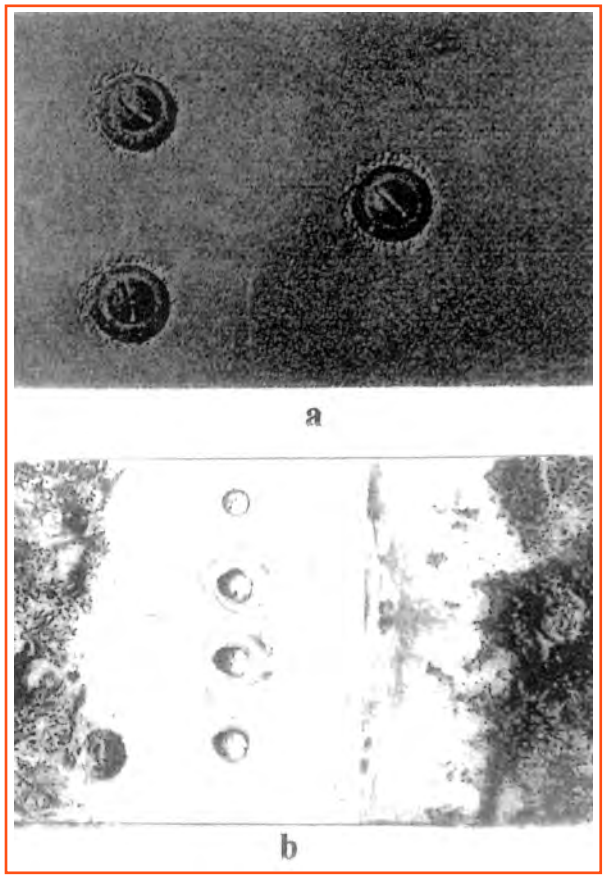


***Figura 19**. Corrosión galvánica: (**a**) placas de acero inoxidable austenítico unidas con tornillos fabricados con acero inoxidable, conjunto expuesto a la acción del agua de mar. La acción galvánica de los tornillos de área pequeña, sobre la placa de área mayor ha provocado a lo largo de cierto tiempo de exposición, sólo una ligerísima corrosión alrededor de la cabeza del tornillo; (**b**) placas de cobre unidas con remaches de acero aleado de construcción, conjunto igualmente expuesto a la acción del agua de mar. La acción galvánica de los remaches de acero de área muy pequeña sobre las placa de cobre de área mayor, ha provocado una rápida y severa corrosión en las cabezas de los remaches.*

sión intergranular, ya estudiada, en que ésta última afecta a las zonas del material, distantes algunos de milímetros del cordón de soldadura, que han estado expuestas durante el trabajo de soldadura a calentamientos prolongados y a enfriamientos, preferentemente, lentos en el rango de temperaturas comprendido entre 450 y 850 °C; ver **figura 16**.

El fenómeno se estudió por primera vez en Estados Unidos, cuando se rompió una bombona fabricada de acero inoxidable **AISI 347** [**X6CrNiNb.18.10**] que contenía ácido nítrico fumante. Esta forma de corrosión se bautizó con el nombre de **corrosión en hoja de cuchillo**, ya que se había producido un ataque intergranular severo a lo largo de una estrecha banda de material *–de algunos granos de anchura–* a ambos lados de

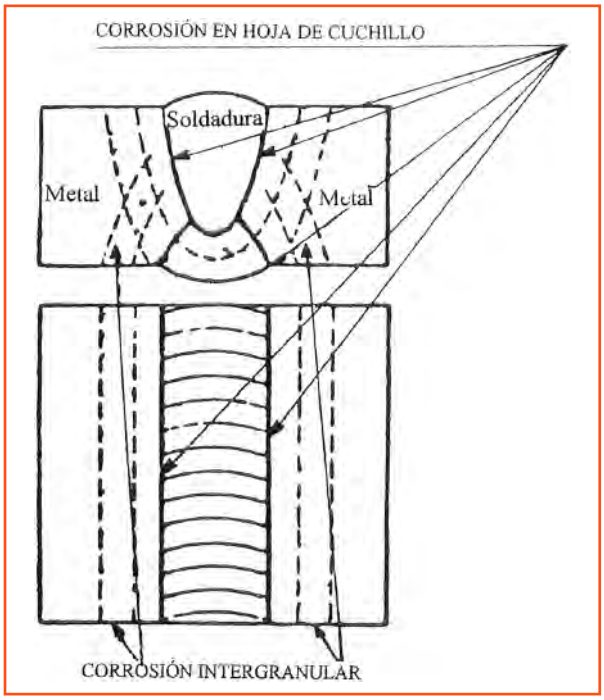


***Figura 20**. Esquema representativo de las diferencias existentes entre la corrosión intergranular por soldadura y la corrosión en hoja de cuchillo.*

la soldadura, en la zona inmediatamente adyacente, "tocando", al cordón de soldadura; **figura 21**.

La corrosión en hoja de cuchillo es similar a la clásica originada normalmente por soldadura, ya que ambas resultan de una corrosión intergranular del material; y, también, ambas están muy asociadas con los trabajos de soldadura. No obstante existen diferencias muy sustanciales entre ellas:

- En la corrosión en hoja de cuchillo, la banda de material donde se produce la corrosión a ambos lados del cordón de soldadura, está situada en la zona inmediatamente adyacente, "tocando" al cordón; mientras que la corrosión intergranular clásica se desarrolla en una zona más distante, a unos milímetros del cordón de soldadura.
- La corrosión en hoja de cuchillo se presenta únicamente en los aceros inoxidables estabilizados y con carbono superior a 0,04 por 100 (**C** ≥ 0,04%).
- La historia térmica, origen de ambos fenómenos, es distinta.

De todo lo hasta ahora indicado, sobre la corrosión en hoja de cuchillo, podemos deducir lo siguiente:

A. El metal más adyacente ¨tocando¨ al cordón de soldadura está expuesto a una muy alta tempera-

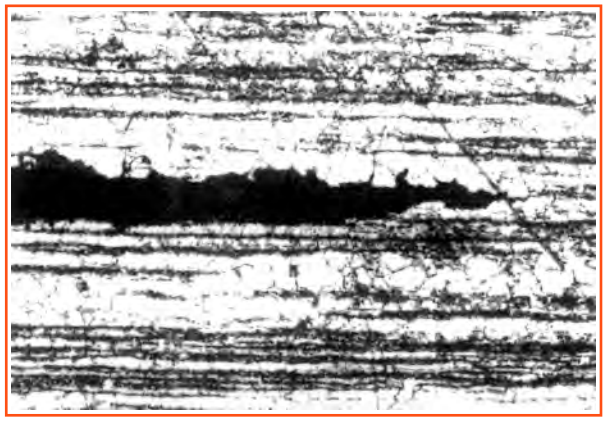


***Figura 21**. Grieta característica de corrosión en hoja de cuchillo. Micrografía (X200).*

tura. Esto crea un fuerte gradiente térmico en esa zona afectada por el calor (**ZAT**) debido a la poca conductividad de los aceros inoxidables; y, también, a la gran rapidez de soldeo que es necesaria, para evitar que se queme la pieza durante el trabajo de soldadura.

B. La poca regular velocidad de enfriamiento, tras la soldadura del material, no permite una buena homogeneización de la masa matricial en la zona afectada (**ZAT**), durante la solidificación del cordón de soldadura. Esto hace que parte del carbono destinado a combinarse con el niobio (**Nb**) o con el titanio (**Ti**), quede libre; y, se supone combina normalmente con el cromo (**Cr**) a medida que el enfriamiento de la **ZAT** se va haciendo cada vez más lento, ya que dicha combinación ocurre a una temperatura próxima a 850 °C. Como resultado final tenemos, mayormente, carburos de cromo en la zona más adyacente "tocando" al cordón de soldadura; de esta forma queda el acero más sensibilizado.

C. Al realizar posteriormente, en la pieza que ha sufrido la soldadura, un recocido de eliminación de tensiones a temperatura comprendida entre 500 y 750 °C, –*zona crítica de sensibilización*– se precipitan los carburos de cromo, antes que empiecen a formarse los carburos de titanio y los de niobio; como se puede deducir del orden de reacciones de disolución y de precipitación de carburos habidas en los distintos rangos de temperaturas, – **figura 22**– que atraviesan los aceros estabilizados, durante el proceso de soldadura:

- *Zona de temperaturas comprendida entre* 1.280 °C y *el punto de fusión*. Disolución de los carburos de niobio o de titanio y disolución, también, de los carburos de cromo.

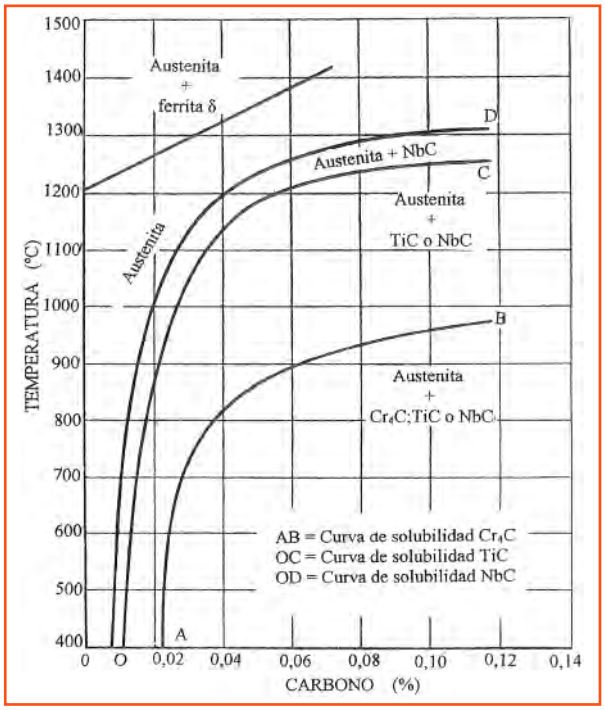


***Figura 22**. Relación aproximada de solubilidad de los carburos de cromo (**Cr_4C**), carburo de titanio (**TiC**) y carburo de niobio (**NbC**) en aceros austeníticos estabilizados, según el contenido de carbono y la temperatura.*

- *Zona de temperaturas comprendida entre* 1.230 y 600 °C. Precipitación de los carburos de titanio o de niobio, y disolución de los carburos de cromo.

- *Zona de temperaturas comprendida entre* 500 y 800 °C. Precipitación de los carburos de cromo.

- *Zona comprendida entre* 20 °C, *temperatura ambiente*, y 500 °C. No existe precipitación alguna.

D. Posiblemente si la bombona estudiada no hubiera sufrido después del proceso de soldadura un recocido de alivio de tensiones, en el intervalo crítico de temperaturas comprendida entre 500 y 750 °C, no hubiera habido precipitación de carburos de cromo y, por tanto, no se hubiese presentado la corrosión en hoja de cuchillo.

Estudios más recientes nos ayudan a comprender mejor, en cierto modo, el mecanismo de la **corrosión en hoja de cuchillo**. La microscopía electrónica ha demostrado, en aceros estabilizados con titanio y/o niobio, la presencia en las juntas de grano de carburos eutécticos relativamente finos de titanio y de niobio, cuando tales aceros han sufrido sensibilización por calentamiento a tan altas temperaturas; **figura 23**.

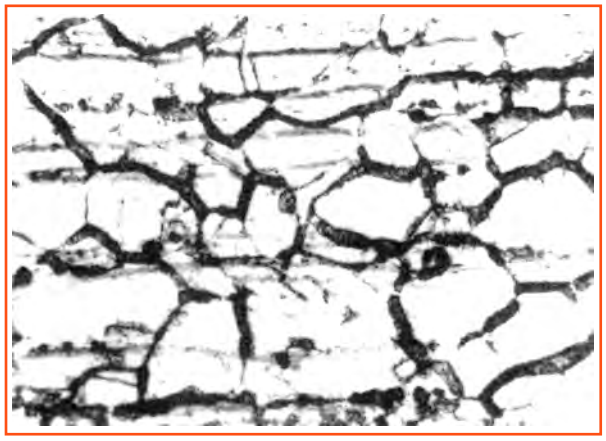


***Figura 23**. Precipitación de carburos de titanio (**TiC**) en los límites de grano. Microestructura (X800) de un acero inoxidable austenítico sensibilizado clase **X6CrNiTi 18.10** [**AISI 321**].*

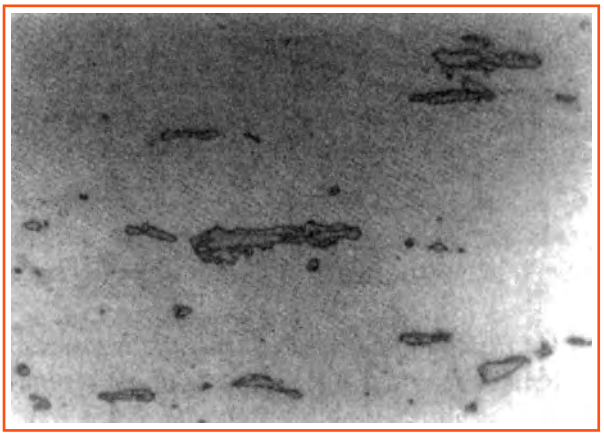


***Figura 24**. Ferrita delta (δ) en interior de los granos de austenita. Microestructura (X800) de un acero inoxidable austenítico sensibilizado clase **X6CrNiTi 18.10** [**AISI 321**].*

La presencia de los finos carburos [**TiC** y/o **NbC**], en los límites de grano, aumenta con el grado de sensibilización habido. La precipitación de tales carburos, circunstancia que exige una gran movilidad del carbono, viene favorecida por la presencia de ferrita delta (**Fe** δ) retenida en los granos de austenita del material sensibilizado **–figura 24–**; que según se ha comprobado aumenta, todavía más, la tendencia a esta forma de corrosión.

En la **figura 25** se visualiza una unión soldada, realizada con electrodo inoxidable austenítico **18-10** de bajo carbono (**C** = 0,03%), de dos aceros inoxidables austeníticos de la misma composición, pero a uno de ellos se le ha adicionado, además, titanio: (1) acero de 0,09% **C**; 18% **Cr**; 10% **Ni**; 2% **Mo** + **Ti**; (2) acero de 0.09%**C**; 18%**Cr**; 10%**Ni**; 2% **Mo**. En el conjunto soldado, después de estar sometido a un ataque con ácido nítrico (**HNO_3**) hirviente, la parte soldada que afecta al acero con titanio se rompe y se separa; mientras que la otra parte de la soldadura perteneciente al acero de la misma composición, pero sin titanio, permanece intacta. Esto nos indica que el acero con titanio (**Ti**) ha sufrido sensibilización, durante el proceso de soldadura.

Resumiendo: el criterio más ampliamente extendido, sostiene que los propios carburos de titanio y de niobio –y *no la zona empobrecida en cromo*– son los atacados por el ácido nítrico (**HNO_3**); esto puede explicar la especificidad del ataque que, dicho sea de paso, tan sólo se ha observado en medios muy oxidantes. Aunque ciertas investigaciones llegan a la conclusión de que el mecanismo que da lugar a la **corrosión en hoja de cuchillo**, si bien implica la presencia de carburos de uno y otro tipo, no es un fenómeno simple; dado que puede variar, notablemente, en función de la

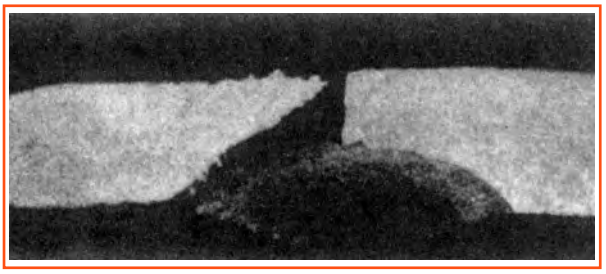


***Figura 25**. Corrosión en hoja de cuchillo. Soldadura heterogénea: (1) a la izquierda de la figura, acero inoxidable **18-10-2 + Ti**; (2) a la derecha acero inoxidable tipo **18-10-2**; (3) cordón de soldadura, material de aporte acero inoxidable **18-10** bajo en carbono. La corrosión únicamente se produce en el lado del material sensibilizado que contiene titanio (H. J.Rocha).*

composición química del acero y/o, también, de la naturaleza de los elementos estabilizadores. La sensibilización y la precipitación correspondientes, se pueden evitar mediante enfriamientos muy rápidos –*hipertemple en agua*–; y mayormente, cuando las piezas son de pequeñas dimensiones.

El remedio más adecuado, pues, para prevenir la **corrosión en hoja de cuchillo** cosiste en calentar la pieza y/o componente soldado, a rangos de temperatura comprendidos entre los 1.050 y 1.100 °C y enfriar enérgicamente en agua: **hipertemple**. Es, por supuesto, la solución técnicamente más utilizada y válida; eso sí, … cuando las dimensiones y geometría de las piezas o estructuras soldadas lo permiten.

Por último diremos que para estos casos y formas de corrosión, los aceros inoxidables austeníticos de muy bajo carbono (**C** ≤ 0,03%) han dado los mejores resultados: aceros **AISI 304L** [**X2CrNi 18.10**] y **316 L** [**X2CrNiMo 17.13.2**].

CORED WIRE SALES AGENT WANTED

For the Spanish Foundry Market.
Do you hit the nail when it comes to sales?
If so, we would like to hear from you!

ODERMATH
STAHLWERKSTECHNIK GMBH

P.O. Box 10 05 56 • D-40769 Monheim am Rhein
Tel: +49 2173 595 221 • www.odermath.de • info@odermath.de

Directivo con más de 15 años de experiencia en área industrial (producción, ingeniería e I+D+i), tanto en fundiciones de acero como fundición gris y nodular, se ofrece para:

- Proyectos como freelancer.
- Interim management.
- Posiciones vacantes en área industrial, también Europa.

Contactar con pedeca@pedeca.es / Ref. 6

EMPLEO

Empresa introducida en el sector de fundición no férrica.

Busca representante
en el Pais Vasco, Navarra, Asturias y Galicia.

Se valorarán sus conocimientos y relaciones comerciales.

Interesados dirigirse directamente a pedeca@pedeca.es - REF.: 8

SILVIA BACCO

TRADUCCIONES: SECTOR FUNDICIÓN

INGLÉS-FRANCÉS-ESPAÑOL

- Normas y manuales técnicos
- Artículos y patentes
- Folletos publicitarios y newsletters
- Sitios web y videos institucionales

info@centrodeidiomas.com.ar
www.centrodeidiomas.com.ar
skype: silviabacco

SE VENDEN

3 HORNOS DE TEMPLE Y REVENIDO,
Y 2 HORNOS DE REVENIDO
MARCA BERCO-RIPOCHE,
TIPO NVR 220 Y NVR 160,
DIMENSIONES DE CARGA 1.400 X 1.400.

INTERESADOS CONTACTAR
EN EL TLNO. 976 454136
ó MAIL JRRAMIREZ@ALUMALSA.COM
PREGUNTAR POR SR. JOSÉ RAMÓN RAMÍREZ

JEFE DE ACERÍA

Se necesita para integrarse a empresa siderometalúrgica ubicada en Guayaquil, Ecuador.
El cargo implica la supervisión integral de la división acería compuesta de 2 hornos de inducción y máquina de colada continua horizontal para la producción de palanquillas de acero.
El candidato debe tener experiencia comprobada en operaciones similares, dotes de liderazgo, formación y conducción de equipos de trabajo, y sólidos conocimientos de planificación y control de producción.
Se ofrece remuneración y beneficios acordes con la responsabilidad.

Interesados enviar antecedentes (C.V.) a jefeaceria@talme.net

Ref. 9

COMPRO

Máquinas y materiales de fundición a las ceras o Zamak.

Toda España

Tels.: 629 373 422 - 914 603 040
E-mail: ansape0756@yahoo.es

Ingeniero Industrial

con más de 12 años de experiencia técnico-comercial y de gestión de proyectos en construcción, industria y aprovisionamiento a fundiciones.
Se ofrece para puestos de Sales Manager, KAM o similar a nivel nacional con disponibilidad internacional.

Contactar con pedeca@pedeca.es / Ref. 7

Especialistas en Tecnologías del Vacío

- Bombas y sistemas de vacío
- Detección de fugas
- Reparación y mantenimiento de cualquier marca, utilizando repuestos originales y con garantía de 1 año
- Servicio de alquiler

Oficina de Ventas y Servicio Técnico
Oficial en España
Oerlikon Leybold Vacuum Spain S.A.
T 93 666 43 11 • F 93 666 43 70
info.vacuum.ba@oerlikon.com
www.oerlikon.com/leyboldvacuum

oerlikon
leybold vacuum

HOT técnicas en Hornos HOT, S.L.

- HORNOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO
- UTILLAJES, PARRILLAS, CESTAS
- PINTURAS PROTECTORAS
- HORNOS DE LABORATORIO
- DISEÑO, CONSTRUCCION Y ASESORAMIENTO
- SERVICIO TÉCNICO, REPUESTOS

AICHELIN Group
Lohmann Qualität in Edelstahl
Stop off paints LUISO®

TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.
Polígono Ibaiondo
Pabellón nº 13
20120 Hernani - Spain
e-mail: hot@tecnicashot.com
TF : + 34 943 33 72 33
Fax : + 34 943 33 72 34
Mv. : + 34 609 20 00 90

SECO/WARWICK
Heat Processing Equipment

SECO/WARWICK EUROPE Sp. z o.o.
ul. Świerczewskiego 76
66-200 Świebodzin
tel.: 683819800
fax: 683819805
europe@secowarwick.com.pl
www.secowarwick.com

vacuum furnace ◦ atmosphere furnace ◦ aluminium process
vacuum metallurgy ◦ controlled atmosphere brazing
special furnaces ◦ spare parts ◦ repairs ◦ modernizations

innovation · performance · reliability

Pometon

Líder en fabricación y desarrollo de granallas y polvos metálicos

Pometon España, SAU
Dr. Bergós s/n
08291 Ripollet (Barcelona) • SPAIN
Tel.: (+34) 935 863 629
Fax: (+34) 936 917 234
info@pometon.net
www.pometon.net

Fabricamos:

-MÁQUINAS PARA TRATAR SUPERFICIES : - Lavar, - Desengrasar, - Fosfatar...
-HORNOS Y ESTUFAS PARA : - Templar, - Secar, - Fundir, - Cocinar ...
-INSTALACIONES DE PINTURA : - Lavado, - Fosfatado, - Pintado, - Secado...

Bautermic
Tel: 933 711 558 - Fax: 933 711 408
www.bautermic.com
e-mail: comercial@bautermic.com

ACEMSA

Centro Metalográfico de Materiales

C/ Arboleda, 14 - Local 114
28031 MADRID
Tel. : 91 332 52 95
Fax : 91 332 81 46
e-mail : acemsa@gmx.es

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

- *Laboratorio de ensayo de materiales : análisis químicos, ensayos mecánicos, metalográficos de materiales metálicos y sus uniones soldadas.*
- *Solución a problemas relacionados con fallos y roturas de piezas o componentes metálicos en producción o servicio : calidad de suministro, transformación, conformado, tratamientos térmico, termoquímico, galvánico, uniones soldadas etc.*
- *Puesta a punto de equipos automáticos de soldadura y robótica, y temple superficial por inducción de aceros.*
- *Cursos de fundición inyectada de aluminio y zamak con práctica real de trabajo en la empresa.*

INFAIMON
SU ASESOR EN VISIÓN ARTIFICIAL

| www.infaimon.com | infaimon@infaimon.com

Metall Technologie Holding

B.M.I. El especialista en hornos para tratamientos térmicos al vacío

- Temple gas y aceite
- Revenido y recocido
- Nitruración baja presión
- Nitruración iónica
- Cementación baja presión
- Soldadura brazing
- Sinterizado
- MIM

APLITEC

APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L - Apdo. 4052 - 48080 BILBAO – ESPANA
TEL : 94.426.25.22 FAX: 94.426.22.62
info@aplitec-tt.com ; www.aplitec-tt.com ; www.bmi-fours.com

DEGUISA

INGENIERÍA DE REFRACTARIOS Y COMBUSTIÓN

Compromiso y fiabilidad

www.deguisa.com

Emison

GRUPO EMISON
C/ Vallirana, 67 - 08006 Barcelona - Teléf.: 938 792 871
Internet: www.emison.com - e-mail: marc@emison.com

- Fabricantes de hornos desde 1957.
- Hornos para fundición.
- Hornos de mufla.
- Depuradoras de humos.
- Equipos especiales.
- Tratamiento térmico de metales.
- Hornos continuos con atmósfera controlada.
- Equipos de incineración.
- Hornos de temple.
- Hornos de soldadura.
- Hornos de revenido.
- Hornos de recocido.
- Hornos de pavonado.
- Hornos de sales.

Flexinox INDUSTRIAL

www.flexinox.com

ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECAMBIOS EN ACEROS REFRACTARIOS

TUBOS RADIANTES
MUFLAS
RETORTAS
UTILLAJES
CESTAS Y CRISOLES
CADENAS

REPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE HORNOS
(OBRAS REFRECTARIAS)

Representante para España de **AUBE-LINDBERG**

FILINOX, S.A.
C/ Sant Adrià, 76
08030 Barcelona

Tel.: 93 223 26 62
Fax: 93 223 26 67
customer@inoxidables.com

PYRO® CONTROLE
CHAUVIN ARNOUX GROUP

SSi SUPER SYSTEMS INC.

TKK EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., LTD.

HITECH INSTRUMENTS LTD

WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD.
주식회사 위너테크

- Sondas de oxígeno
- Analizadores de gases
- Pruebas de uniformidad de temp. AMS2750D, E y CQI9 r3
- Sondas de temperatura
- Videoregistradores
- Reguladores de temperatura
- Thyristores
- Resistencias CSi y MoSi2
- Automatización de hornos

ENTESIS
Galileu 313 baixos
08028 Barcelona
Telf: 934105454
Fax: 934199733
http://www.entesis.net
info@entesis.net

APLITEC

Utillaje tipo mecano, cestas, tubos radiantes
Fundición acero inoxidable refractario

CFC

CODELE SA

Utillaje forming

ECONOX SA

RD

APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L Apdo. 4052 - 48080 BILBAO - ESPANA
Tel: +34. 94.426.25.22 Fax:+34. 94.426.22.62 info@aplitec-tt.com www.aplitec-tt.com

tecno piro®

-temple -soldadura -recocido -sinterizado -revenido

HORNOS DEL VALLES, S.A.
Mancomunitat,3 08290 CERDANYOLA DEL VALLES
(Barcelona) T/ 93 692 66 12 Fax 93 580 08 27
hdv@tecnopiro.com tecnopiro.com

PROYCOTECME

HORNOS INDUSTRIALES PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN

Especialistas en Tratamiento Térmico

Pol. Ind. Can Castell
c/ Industria, 113 - Nave 1-K
08420 Canovelles (Barcelona) Spain

Teléf.: +34 938 467 984
Fax: +34 938 401 492
www.proycotecme.com

interbil

Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

P.I. Sangróniz, Iberre 1-M5
E-48150 SONDICA (Vizcaya)
Tel.: 94 453 50 78
Fax: 94 453 51 45
bilbao@interbil.es

- Ingeniería de Hornos.
- Suministro y fabricación de resistencias.
- Quemadores recuperativos y regenerativos.
- Reguladores de potencia.
- Sistemas de control de procesos.
- Control de atmósferas.

www.interbil.es

ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

DISEÑO Y FABRICACION DE INSTALACIONES - ASISTENCIA TECNICA
METROLOGIA Y CALIBRACION - CONTROL DE ATMOSFERA
SISTEMAS INFORMATICOS PARA CONTROL Y REGISTRO DE DATOS

POLIGONO INDUSTRIAL ARGIXAO, PAB. 60
E 20700 ZUMARRAGA (GIPUZKOA) SPAIN
TEL. (+34) 943 72 52 71 FAX. (+34) 943 72 56 34
info@arrola.es www.arrola.es

Wheelabrator

Su Proveedor de soluciones en Tratamiento de Superficies

Maquinaria y consumibles para granallado, chorreado, shotpeening y acabado por vibración.

Gran Via de les Corts Catalanes 133, At.B, 08014 BARCELONA
Tel. +34 934211266 Fax. +34 934223137

wheelabrator
shaping industry

www.wheelabratorgroup.com • contact@wheelabratorgroup.es
Norican Group es la empresa matriz de DISA y Wheelabrator

S. A. METALOGRAFICA

desde 1949

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

NUESTROS SERVICIOS	CAPACIDADES MÁXIMAS	
• TT VACIO DE: MOLDES, MATRICES Y HERRAMIENTAS • CEMENTACIÓN Y CARBONITRURACIÓN • NITRURACIÓN • NITROVAC-S®:NITROCARBURACIÓN ANTIOXIDANTE • TENIFER: NITRURACIÓN ANTIDESGASTE • TT ACERO RÁPIDO • HIPERTEMPLE • BONIFICADO, RECOCIDO Y NORMALIZADO • DUR-BRILL®: NIQUELADO DURO • OXY-VAPOR®: TT ANTIGRIPANTE • NOXYT®: PAVONADO DURO • ANÁLISIS DE MATERIALES • ASESORAMIENTO METALÚRGICO • DURPLAN®: TEMPLE PIEZAS PLANAS	• TEMPLE EN VACIO	ø 1500 x 2000 mm (Moldes hasta 2400 Kg)
	• NITRURACIÓN Y • NITROCARBURACIÓN	ø 1000 x 1500 mm
	• CEMENTACIÓN • CARBONITRURACIÓN • BONIFICADOS	1600 x 1600 x 700 mm (Piezas hasta 2000 Kg)
	• TEMPLE EN PRENSA	Piezas hasta 5000 m/m

CENTRAL
Polig. Ind. POLIZUR - Naves 4, 5 y 6
08290 CERDANYOLA (Barcelona)
93 580 53 53 FAX 93 580 29 61

DURPLAN®
C/ Turó de l'Home, 2
08400 GRANOLLERS
93 861 60 77 FAX 93 861 60 78

Nanoindentación

Medición de espesor de recubrimientos

Análisis de materiales

Inducción magnética

Corrientes de Foucault

Fluorescencia de rayos X

Coulombimetría

FISCHER INSTRUMENTS, S.A.
Almogàvers, 157 3º, 08018 BARCELONA
Tfno: 93 309 79 16 Fax: 93 485 05 94
www.helmut-fischer.com

fischer

Espesor de recubrimientos · Análisis de materiales · Microdureza · Ensayo de materiales

Safe Cronite
L'esprit industriel

Diseño y fabricación de piezas fundidas en aleación de cromo / níquel

SAFE Cronite - Ilárraza, 14 - 01192 ILARRAZA (ALAVA)
Tfno.: 609 419 325 - Fax: +33 243 212 463
E-mail: maricarmen.garcia@safe-cronite.com - www.safe-cronite.com

NAKAL®

heat treatment equipment

Furnaces for Gas Nitriding

Best technology
Best result

JSC Nakal - Industrial furnaces
Moscow region, Russia
Tel./Fax. +7 (495) 988-40-47, 988-40-48
nakal@nakal.ru www.nakal.ru

- Gran disponibilidad de modelos.
- Alta variedad de calidades.
- Piezas a medida según plano.
- Tubos radiantes.
- Rodillos.
- Parrillas.
- Cestones/cadenas.
- Muflas/Potes de recocido.
- Recuperadores.

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS GmbH & Co. KG

REPRESENTANTE PARA ESPAÑA Y PORTUGAL
Tecnymat Aceros, S.L.
Polígono Industrial Ugaldeguren 3 - Parcela 17-2, Nave 7
48170 Zamudio (Vizcaya)
Teléf.: 944 710 035 - Fax: 944 710 227
tecnymat@telefonica.net

Hornos industriales para el tratamiento térmico

SOLO Switzerland

www.soloswiss.es

SOLO Swiss
CP 7127 - 2500 Bienne 7 - Suiza

mail@soloswiss.com
Tel. : +34 656 878 067

COMERCIAL SATEC
SOCIEDAD LIMITADA

COMERCIAL SATEC, S.L.
PA.E. ASUARAN Edificio Enekuri, nave 9
48950 ERANDIO (Bizkaia)
Tel:++34 944711663 - Fax:++34 944711741
info@comercial-satec.com - www.comercial-satec.com

Hornos Tratamiento Térmico de CIEFFE
Cámara, contínuos, de cinta, rodillo, solera móvil, empuje, vacío, fosa y campana, nitruración, lavadoras, generadores endogas, hornos especiales, líneas automáticas, para cementación, LPC, temple, revenido, nitruración, LPN, recocido, sinterizado, brazing, forja, aluminio, ...

Pinturas protectoras de NÜSSLE
Pinturas protectoras para cementación nitruración y oxidación CONDURSAL y CONDURON.

Aceites, Polímeros de BURGDORF y OSMIROL
Aceites y polímeros de temple de alto rendimiento. Antioxidantes, desengrasantes.

Repuestos y servicio para tratamiento térmico de HSH Härterei GmbH
Reparaciones, retrofits, muflas, sondas, cadenas, ventiladores, termopares, utillajes.

HÄRTETECHNIK BURGDORF OSMIROL NÜSSLE · CIEFFE · HSH HÄRTEREITECHNIK

Hornos industriales y estufas

Borel Swiss
Rouges-Terres 61 - 2068 Hauterive - Suiza

www.borel-hornos.com
email : mail@borel.eu
tel. : +34 656 878 067

Borel Special Furnaces Switzerland

testo 350

Instrumentos de medición portátiles, fabricados conforme el estándar ISO 9001, para los siguientes parámetros.

- Temperatura
- Humedad
- Velocidad
- Presión
- Calidad del aceite culinario
- **Productos de la combustión**
- Calidad del aire
- pH
- Luz/Sonido
- rpm

Instrumentos Testo, S.A.
Tel: 93 753 95 20
www.testo.es

We measure it. testo

Termopares especiales · calibraciones ENAC · automatización de procesos · Reguladores · Video-Registradores · pirometro infrarrojo · calibración hornos de vacio · experiencia · desde -200 a 2400ºC · Termopares · Suministro y Calibracion Industrial s.l. · sondas pt-100 · servicio técnico · instrumentación · www.sciempresa.com · calibración insitu · calibración TUS · cámara termografica · todo en temperatura · Indicadores · consultoria AMS-2750-D · calibración SAT · expertos en normativa aeronáutica

Ribera de Axpe,11,d2,L203,48950 Erandio tel.944765276 sci@sciempresa.com

insertec
Hornos y Refractarios
Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.
Avda. Cervantes, 6 - 48970 Basauri, Vizcaya
Tel.: 944 409 420 • Fax: 944 496 624
e-mail: insertec@insertec.biz • www.insertec.biz

HORNOS ALFERIEFF
contabiliza la construcción de más de 1100 hornos, por ello, contamos hoy con una renombrada experiencia en el campo de los hornos industriales.

HEA HORNOS ALFERIEFF

VISITE NUESTRA NUEVA www.alferieff.com
C/Doctor Marañon, 11 · 28220 Majadahonda (Madrid)
Tel: +34 91 639 69 11 · Fax: +34 91 639 48 18 · Email: hornos@alferieff.com

SPECTRO

Driven to Discover

Espectrómetros para analizar metales

Espectrometria de arco/chispa para analizar la composición química porcentual (%) de materiales metálicos

Tel. 94 471 04 01 – Fax 94 471 17 41 – comercial@spectro.es

SPECTRO Hispania, S.L.
P.A.E. Asuarán, Edificio Enekuri –Nave 9
48950 ERANDIO (Asua) – Vizcaya

www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 52
ALD VACUUM 19
APLITEC 53
ARROLA 7
B.M.I. 53
BIEMH ..... Contraportada 2
BOREL SWISS 55
COMERCIAL SATEC 55
DEGUISA 53
EMISON 53
ENTESIS 53
FISCHER INSTRUMENTS 54
FLEXINOX 53
GRUPO ARRIVELO 17
HORNOS ALFERIEFF 5
HORNOS DEL VALLÉS 23
HOT-AICHELIN 25
HOT-NABERTHERM 15
INFAIMON 52
INSERTEC ..... PORTADA
INSTRUMENTOS TESTO 55
INTERBIL 3
LIBROS TRATAMIENTO TÉRMICO . 27
METALMADRID 13
MTC 19
NAKAL 54
OERLIKON LEYBOLD VACUUM ... 52
ONDARLAN 11
POMETON 52
PROYCOTECME 53
REVISTAS TÉCNICAS ..... Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 54
SAFE CRONITE 21
SECO/WARWICK ..... Contraportada 4
SOLO SWISS 55
SPECTRO 55
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN ... 17
TECNYMAT 15
WHEELABRATOR GROUP 54
WORLD FOUNDRY CONGRESS ... 9

Próximo número

JUNIO

Nº Especial **BIEMH** (Bilbao).

Nº Especial **FUNDIEXPO** (México).

Gases especiales. Elementos y útiles para hornos. Robots. Software de control. Automatización. Microscopía. Análisis de gases, agua. Sales. Utillajes. Recambios.

INFORMACIÓN DE CALIDAD

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

6 NÚMEROS ANUALES

90 € (I.V.A. incluido) Edición Nacional

115 € (I.V.A. incluido) Edición Internacional

5 NÚMEROS ANUALES

65 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

85 € (I.V.A. incluido) Ed. Internacional

9 NÚMEROS ANUALES

115 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

150 € (I.V.A. incluido) Ed. Internacional

6 NÚMEROS ANUALES

90 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

115 € (I.V.A. incluido) Ed. Internacional

PEDECA *Press* Publicaciones

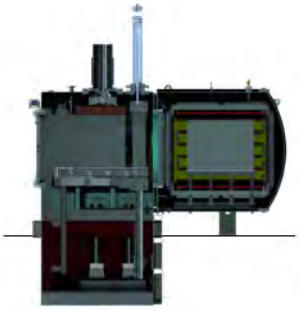
C/ Goya, 20. 4º. • 28001 MADRID • Telf.: 91 781 77 76 • Fax: 91 781 71 26 • pedeca@pedeca.es

www.pedeca.es

SECO/WARWICK GROUP

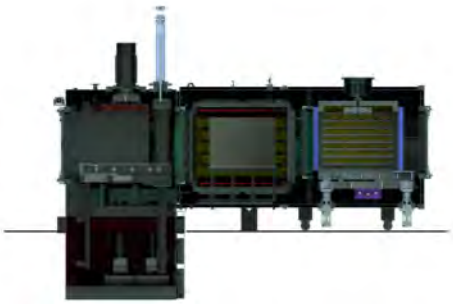
CaseMaster Evolution® de cementación al vacío y con enfriamiento en aceite

Con doble cámara de enfriamiento en aceite **(tipo D)** para el procesamiento por módulos y de tres cámaras **(tipo T)** para la producción en semi-continuo. Una amplia gama de tamaños disponibles.



D-type

- **Cualquier tipo de tecnología de endurecimiento**
- **FineCarb® – Cementación en baja presión (LPC)**
- **PreNitLPC® – Alta temperatura LPC**
- **Superficie brillante endurecida, templada en aceite**
- **Enfriamiento a gas**
- **Pre-oxidación en la cámara de precalentamiento**
- **100% más de capacidad de tipo T**



T-type

24/7 soporte techico y techológico

www.secowarwick.com
vacuum@secowarwick.com.pl

SECO/WARWICK