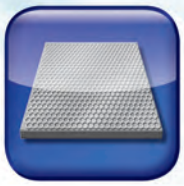
TRATER Press
REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO
SEPTIEMBRE 2019 • Nº 72
www.pedeca.es

Turbo²Treater

Aerospace Edition

Aspas de turbina
La uniformidad del horno Turbo²Treater proporciona a los procesos necesarios para crear aspas de gran fiabilidad para ambientes de alto estrés de turbinas motores propulsores.



Paneles
El horno Turbo²Treater puede realizar soldadura de alta temperatura para paneles con formas especiales utilizadas en la fabricación de aviones.

Tornillos, tuercas y remaches
Los hornos Turbo²Treater aseguran una calidad superior necesaria para la manufactura de elementos de fijación de confianza.

Turbinas
Los hornos Turbo²Trater se utilizan para el desarrollo y producción de materiales - CrNi Alloys de alta temperatura, aleaciones con base níquel y aleaciones de titanio – requeridas para la eficiencia termodinámica de las turbinas de las turbinas en su punto más alta temperatura.

Tren de aterrizaje
Los hornos Turbo²treater tratan de manera eficiente y segura los trenes de aterrizaje que pueden soportar más de 560 TN y un enorme estrés.

Ipsen

www.Ipsen.de

Part of ADVANCED ENGINEERING | by EASYFAIRS

metalmadrid `19

27 - 28 NOVIEMBRE
FERIA DE MADRID

LA FERIA LÍDER EN INNOVACIÓN INDUSTRIAL

metalmadrid `19

ROBOMATICA

CONNECTED MANUFACTURING

COMPOSITES SPAIN

ADDITIVE MANUFACTURING
New for 2019

REGÍSTRATE ONLINE

Activa tu invitación gratuita en www.entradas.metalmadrid.com
con el código 287 o directamente escaneando el QR inferior

Gold Sponsors

FUCHS | Hoffmann Group | SCHUNK | TRUMPF

Event Partners

lantek | hp 3D Printing | AEMAC | Gear Translations

+34 91 541 24 88 · metalmadrid@easyfairs.com · www.metalmadrid.com

Nuestra Portada

Turbo²Treater
Aerospace Edition

La fiabilidad superior y la alta uniformidad hacen que el horno de vacío Turbo²Treater® sea una opción ideal para tratamiento térmico en la industria Aeroespacial. Con décadas de experiencia en procesos térmicos, elegir Ipsen significa elegir un partner de éxito.

Ipsen International GmbH
Flutstrasse 78 – 47533 Kleve / Germany
www.Ipsen.de

Our Representative in Spain:
Proycotecme SL
C/Industria 113 nave I-K – Can Castell – Barcelona – Spain
Website: www.proycotecme.com

Sumario • Septiembre 2019 - Nº 72

Noticias 4

Máquinas para lavar, desengrasar, decapar… • Plan renove para los analizadores de gases en los procesoso de combustión industriales.

Información

- Investigadores de Ceit-IK4 innovan la producción de piezas de avión 6
- Una nueva colaboración lleva la tecnología Hot Form Quench a Norteamérica 8
- Nos dejó José Antonio TARDÍO 10
- VORTICE S.p.A. adquiere CASALS 12
- Introducción a la metrología de los aceros. Preparación metalográfica e interpretación de la microestructura - *Por Instituto de Fundición TABIRA* 14
- Claros y nubes en el metal: Mantiene cifra récord de empleo pero baja su actividad - *Por FEMEVAL (Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana)* 22
- Refractario 4.0: RHI Magnesita presentó las últimas innovaciones en METEC 24
- Reparación de moldes de forja mediante deposición metálica por láser - *Por J.C. García, A. Suarez, A. Alberdi y M. Ortiz* 27
- Fórum de ARCAS - *Por Juan Martínez Arcas* 34
- Análisis elemental de muestras metálicas. Técnicas y soluciones - *Por Instituto de Fundición TABIRA* 36
- 16 socios del Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco HEGAN expusieron con gran éxito en la Feria Paris Ais Show 2019 38
- Algunas consideraciones sobre los aceros de construcción mecánica destinados a la industria automovilística. Aceros de nitruración (Parte VI) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* 40

Guía de compras 47

Índice de Anunciantes 50

Síguenos en

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

PEDECA PRESS PUBLICACIONES
Goya, 20, 1º - 28001 Madrid
Teléfono: 917 817 776
www.pedeca.es • pedeca@pedeca.es

ISSN: 1888-4423 - Depósito legal: M-53065-2007
Diseño y Maquetación: José González Otero
Creatividad: DELEY
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

Máquinas para lavar, deengrasar, decapar…

Los aceites, grasas, óxidos, virutas, polvo, resinas, ceras, desmoldeantes…, y demás tipos de suciedades e impurezas, pueden ser un gran problema para todas las industrias que fabrican, mecanizan, transforman o manipulan piezas de precisión, tales como: tornillos, pistones, bombas, engranajes, válvulas, tubos, carcasas, amortiguadores, etc.

Debido a que los controles de calidad exigen unos acabados perfectos exentos de cualquier tipo de suciedad en todo tipo de piezas, muchas de las cuales –debido a su geometría– pueden ser muy difíciles de limpiar, ya que tienen agujeros, aristas, oquedades, recovecos, etc., de difícil acceso, pero que han de quedar perfectamente limpias para su expedición o montaje.

Info 1

Plan renove para los analizadores de gases en los procesos de combustión industriales

Los analizadores de combustión testo 340 y testo 350 son dos modelos portátiles especialmente diseñados para el análisis de los gases de la combustión en los procesos industriales.

Gracias a sus posibilidades de configuración, son especialmente aptos para la medición en cualquier empresa que necesite

medir en calderas, quemadores y motores industriales, turbinas de gas, o también en plantas de cogeneración.

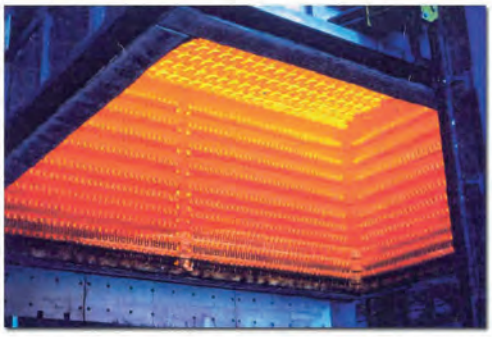
Su principal característica es la adaptabilidad a la medición de los distintos gases que se generan en estos procesos, ya que estos analizadores pueden medir hasta 6 gases (según modelo) mediante sensores electroquímicos de CO, CO2, NO, NO2, SO2, H2S o CxHy.

Ahora, tanto el testo 340 como el testo 350 se benefician de un plan renove mediante el cual se pueden adquirir a un precio mucho más bajo de lo habitual. El único requisito es entregar un analizador de combustión industrial a cambio para beneficiarse del plan renove.

El plan renove se complementa con un servicio de recogida del analizador de combustión industrial antiguo y entrega del nuevo analizador, gestionado íntegramente por Testo, para facilitar al máximo el reciclaje según las normativas medioambientales del producto desechado y la puesta en marcha del nuevo instrumento de medición.

Info 2

Hornos
Laboratorio e industriales



Quemadores
recuperativos y regenerativos

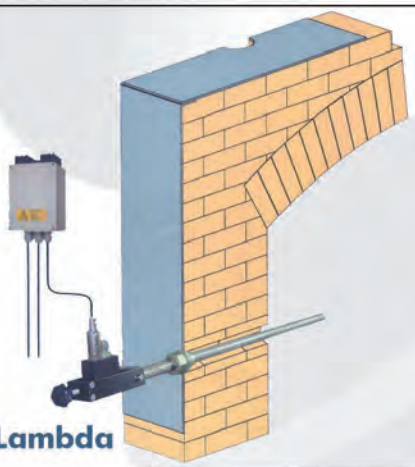
WS

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

AEG
Power supply systems

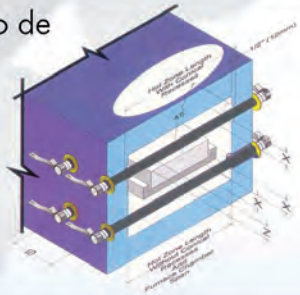
Equipos de control de atmosferas:

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

Investigadores de Ceit-IK4 innovan la producción de piezas de avión

Sustituyen el mecanizado por el prensado isostático en caliente dentro de un proyecto englobado en programa Clean Sky.

Investigadores de Ceit-IK4 han formado un equipo de capacidades complementarias con colegas de la Universidad de Birmingham y del Manufacturing Technology Center de Conventry (Reino Unido) a fin de conseguir fabricar piezas de avión, que hasta ahora se realizaban mediante mecanizado, a través del prensado isostático en caliente utilizando para ello polvos metálicos.

La iniciativa responde a una petición del programa europeo Clean Scan que busca conseguir una mejora en la calidad y la fabricación de diferentes piezas utilizadas en los aviones, teniendo en cuenta los altos estándares de calidad que utiliza la industria aeronaútica.

El prensado en caliente que está desarrollando este proyecto puede revolucionar la fabricación de componentes aeronáuticos complejos permitiendo, al mismo tiempo, una mejora significativa en la utilización de material, dando lugar a grandes ahorros en costes así como importantes beneficios medioambientales.

Sin embargo, la explotación de esta tecnología exige hacer frente a una serie de retos como son: la dificultad de conseguir mediante prensado isostático en caliente superaleaciones de níquel con propiedades similares a los productos forjados actuales o el elevado costo del utillaje, entre otras.

En el proyecto, a lo largo de sus dos años de duración, el consorcio va a utilizar una aproximación innovadora y coordinada para poder hacer frente de forma satisfactoria a los retos citados.

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

publadk

Una nueva colaboración lleva la tecnología Hot Form Quench a Norteamérica

Impression Technologies y Telos Global se asocian para atender las necesidades de los fabricantes OEM de automoción.

Impression Technologies Ltd ("ITL"), el creador de la tecnología Hot Form Quench (HFQ®), la solución líder avanzada de peso ligero para estructuras de aluminio de alta resistencia, anuncia una importante alianza con Telos Global, un líder en la manufactura y suministro de herramientas y componentes del sector de automoción.

El acuerdo de colaboración pone la tecnología HFQ® a disposición del mercado norteamericano y permitirá que Telos Global fabrique componentes de chasis y carrocerías listas para pintar en aluminio de alta resistencia, permitiendo así a la compañía atender los requisitos OEM de mercados en rápido crecimiento como, por ejemplo, de SUV, camionetas y vehículos eléctricos.

Telos iniciará la producción de componentes HFQ® en sus instalaciones de Caryville, Tennessee, suministrando al principio a fabricantes OEM de automoción en Norteamérica para posteriormente ampliar su servicio a Asia y Europa. Esta es una etapa clave en el establecimiento en ITL de una cadena de suministro HFQ® a partir de mediados de 2020, que forma parte de su estrategia para crear una red global de socios que trabajen con los mismos estándares de simulación, diseño y manufactura, después de que se anunciara recientemente la colaboración entre ITL y Fischer group en Europa.

El CEO de ITL, Jonathan Watkins, comenta acerca de este anuncio: "Estamos encantados de iniciar esta colaboración estratégica con Telos Global, que ofrecerá a los fabricantes OEM del sector de automoción un alto volumen de suministro de estructuras más resistentes, ligeras y rentables gracias al uso de la tecnología HFQ® con un estándar garantizado. Estamos deseando trabajar con Telos para desarrollar las capacidades de la cadena de suministro HFQ® tanto en Norteamérica como a nivel global."

Rick Teague, CEO y fundador de Telos Global, dice: "Esta colaboración con ITL ofrece a Telos una oportunidad increíble para suministrar a los clientes de automoción de Norteamérica y de todo el mundo, componentes complejos fabricados con aleaciones nuevas de aluminio de alta resistencia. Estamos convencidos de que la tecnología HFQ® con el sistema de producción escalable de Telos ofrecerá importantes oportunidades para ser flexibles en el diseño y ofrecer poco peso a precios competitivos."

Telos Global fue fundada en 2016 por Rick Teague, anteriormente Director Global de prensa de estampación en caliente y desarrollo de herramientas en Cosma International (parte de Magna International), con el objetivo de suministrar componentes de chasis y carrocerías listas para pintar a los fabricantes OEM más grandes del mundo mediante el uso de las tecnologías más avanzadas de estampación en caliente.

HORNOS DE INDUCCIÓN

PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

SOFTWARE I-HAZ

MAXIMIZA PRODUCCIÓN
+ REDUCCIÓN RECHAZOS EN PARADA

SERVICIO TÉCNICO LOCAL

Fabricación y Reparación de Bobinas Local

INDUCTOTHERM GROUP IBERIA
ONDARLAN

Alta productividad y alta seguridad para su forja

ONDARLAN, S.L.:
+34 943 635079
o visite: www.ondarlan.com
email: oficina@ondarlan.com
I.P. Videoconferencia: 2.136.148.217

Nos dejó José Antonio TARDÍO

En recuerdo de José Antonio Tardío

El día 13 de agosto falleció José Antonio Tardío, un muy querido y admirado amigo, después de una larga enfermedad llevada con una ejemplar entereza y serenidad. Como ingeniero metalúrgico fue una persona enamorada de su profesión y de la metalografía en general; pero sobretodo gran apasionado de los tratamientos térmicos.

Nos conocimos a principios de los años 70 del siglo pasado en Monopole, fábrica dedicada a la producción de válvulas para motores de explosión de la industria automovilística. José Antonio como jefe de laboratorio metalúrgico de Monopole y yo como delegado en Cataluña de S.A. Echevarría suministradora de los aceros para válvulas (explosión y escape): teníamos largas discusiones, siempre amigables y con solución del problema, sobre los entonces incipientes y novedosos aceros con los que se empezaban a fabricar las válvulas de explosión (aceros inoxidables martensíticos y austeníticos de composición especial).

Aceros que en aquella época tenían graves problemas en la estampación en caliente y sobretodo en el tratamiento térmico.

Ya en la década de los años 80 a los 90, como responsable de los laboratorios de NISSAN; nos encontramos con más asiduidad en esta importante entidad; dado que la mayoría del acero (productos largos y piezas de forja y estampación) era servido por Acenor-Sidenor: delegación de Cataluña, de la que yo era responsable. Recuerdo por último, a modo de anécdota, el problema surgido en una importante partida de barra de un acero aleado de construcción para la fabricación de ejes palier, con destino a la fábrica de tractores EBRO en ALEPO (Siria): había diferencias de opinión en las tolerancias máximas de composición (%), según normas, de los elementos residuales. Tras muchas discusiones y cesiones por ambas partes la partida fue aceptada.

Imposible resumir en estas notas como quisiéramos, la fecundísima labor profesional, docente y metalúrgica de José Antonio: miembro de la desparecida Asociación Técnica Española de Estudios Metalúrgicos (ATEEM); miembro fundador de la Asociación de Amigos de la Metalurgia (ASAMMET); colaborador de TRATERMAT e indiscutible miembro de los comités técnicos y organización de dichos congresos, ponente además de muchos e importantes trabajos.

La noticia de su fallecimiento ha sido un duro golpe para todos los que le apreciábamos, colegas y compañeros. El tópico aquel de "se van los mejores" puede confirmarse y hacerse real en su persona. El recuerdo dejado es entrañable y ello nos anima a escribir estas pocas líneas dedicadas a José Antonio y a la familia Tardío, por su gran significado entre nosotros.

José Antonio fue mi amigo y maestro en muchas cuestiones metalúrgicas a lo largo de nuestra extensa vida profesional. Acaso sea la consideración de amigo la que debe primar y destacar en estas notas. Siento profundamente su pérdida, a una edad en que la salud, la experiencia y el conocimiento se suelen unir para ofrecer realidades de éxito.

Uno tiene la costumbre de agradecer todos los momentos de compañerismo y de amistad que solo lo ofrecen los auténticos amigos, por lo que agradezco a lo largo de tantos años tuve la suerte de compartir con José Antonio… Gracias por contar con tu amistad.

A través de estas líneas expresamos nuestro más profundo pesar y condolencia a su esposa, hijas e hijo, por la pérdida de quien en vida fue una entrañable y admirable persona amiga, por la que pedimos con toda la fuerza que nos da su recuerdo, una oración… Descanse en paz José Antonio.

Manuel Antonio Martínez Baena

Hasta siempre amigo José Antonio

El pasado 13 de agosto falleció nuestro querido amigo José Antonio Tardío después de una larga enfermedad de casi dos años y que llevó con gran y ejemplar entereza y de la que puedo dar testimonio, no dejó en ningún momento de interesarse por todo lo relacionado con la metalurgia, materiales y tratamientos térmicos, de las que era un cualificado experto, difícil será borrar sus ánimos, sencillez y buen hacer; lo suyo era hacer y desaparecer.

José Antonio fue un gran metalúrgico, ingeniero de Nissan y responsable de los laboratorios de esta importante Entidad, miembro de la antigua ATEEM y colaborador de todas las Jornadas técnicas, congresos, etc. Entre los más importantes recordemos los Tratermat, de los que era miembro de los comités técnicos y de organización, además de asiduo ponente de conferencias, últimamente era miembro fundador de ASAMMET (Asociación de amigos de la metalurgia).

Como profesor fue un fuera serie, dada su gran experiencia, sus clases y conocimientos eran muy solicitados, sobre todo en ASCAMM y en EURECAT.

En fin, una gran pérdida de entrañable y ejemplar amigo, descanse en paz.

Juan Martínez Arcas

Carta para José Antonio Tardío Torío (P.D.), nuestro gran amigo que se nos ha ido y que sigue en nuestros corazones

Querido amigo:

Nos conocimos una primavera del año 1970, mi hermano Juan nos presentó y comencé mi trayectoria profesional cogido de tu mano como ayudante tuyo de laboratorio en Monopole, … tú me enseñaste a amar la metalurgia, fuiste mi gran profesor.

Siempre me atendiste y aconsejaste ante cualquier problema que tuviera.

Hoy podría decir todas esas cosas bonitas que se dicen en estos casos. Que fue un placer conocerte. Que por qué te has ido. Que cuesta hacerse a la idea de que tu sonrisa y tu saber estar, no llenará más nuestras tertulias y encuentros metalúrgicos. Que te echo de menos. Que no te demostré cuán importante eras para mí. Que siempre anduve en otras cosas. Que ahora me arrepiento. ¡Qué se yo! …. Podría decir tantas cosas, pero para qué si no vas a volver.

Dicen que algo se muere en el alma cuando un amigo se va. Hoy sé que es verdad. Algo se ha muerto dentro de mí contigo. Me quedan fotos, recuerdos y tantas anécdotas nuestras vividas y compartidas. Pero me faltas tú, tú y ese trozo de mi alma que se ha ido contigo, tú y el timbre de tu voz, tu saber estar, tus consejos siempre bien acertados … tú.

Llorar, así a escondidas, en una soledad de distinto tipo, es la única forma que tengo de poder continuar, de poder sonreir y hacerme fuerte cuando me encuentro con otros que también te conocieron y que también te llamaron "amigo".

Tu amigo Balta
(Baltasar Martinez Arcas)

VORTICE S.p.A. adquiere CASALS

VORTICE S.p.A. anuncia la adquisición de la histórica marca española CASALS, comprando el 100% del capital social de VENTILACIÓN INDUSTRIAL IND. S.L. (Sant Joan de les Abadesses, Girona), una Empresa que opera en el sector de sistemas de Ventilación Industrial.

"Gracias a este importante paso, nuestra Compañía llevará su número de empleados a las 400 personas con una facturación consolidada del Grupo que podría superar los 100M€", afirma Andrea Sacha Togni Presidente de la Junta del Grupo VORTICE "Me gustaría puntualizar que el nombre, la identidad y el logo de CASALS se mantendrán."

Las dos Compañías históricas, que se establecieron y desarrollaron en períodos y contextos geográficos distintos, continuarán persiguiendo los mismos valores y objetivos que antes.

De hecho, VORTICE y CASALS tienen un espíritu corporativo que valora a las personas y las relaciones humanas, la misma visión de futuro y ambos están motivados por la pasión por asumir nuevos desafíos, especialmente en términos relacionados con el diseño de productos, la innovación tecnológica y la expansión de mercados.

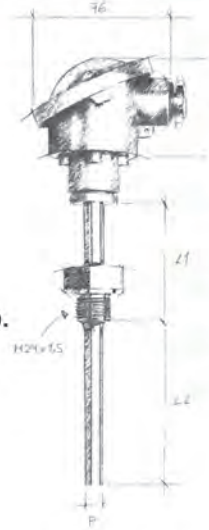
Esta operación es perfectamente coherente con las estrategias a medio y largo plazo de VORTICE, un punto de referencia en el sector de la Ventilación Residencial, que tiene la intención de reforzar la presencia de la

Empresa en el sector de aplicaciones industriales, ofreciendo uno de los Catálogos más completos del mercado.

"En un momento en que muchas Multinacionales vienen a Italia a comprar 'piezas de prestigio' de nuestro sistema de fabricación, vamos contra la corriente con la adquisición del 100% de la Empresa española CASALS. Es un camino que empezamos a recorrer hace varios años: primero con la adquisición de LORAN en 2010, una Empresa con sede en Verona, especialista en unidades de tratamiento de aire industrial. Después cruzamos el Atlántico y, desde la sede de VORTICE LATAM en Costa Rica, ahora coordinamos varios países en los mercados de América Central y del Sur. En 2013, el Grupo VORTICE inauguró la planta de producción VORTICE Ventilation System en Changzhou (China), enfocada principalmente en el mercado interior chino. También es importante mencionar que nada de esto hubiera sido posible sin la asistencia profesional de BCO Swiss Family Office, la Family Office que durante años ha estado unida estratégicamente al Grupo VORTICE para llevar a cabo el plan de expansión definido" afirma Andrea Sacha Togni.

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.

SCI 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

Introducción a la metalografía de los aceros

Preparación metalográfica e interpretación de la microestructura

Por Instituto de Fundición TABIRA

Una de las herramientas más valiosas en el control de calidad de los aceros es el examen metalográfico de su microestructura, especialmente si éstos han sido sometidos a tratamiento térmico o han podido ver modificadas sus propiedades durante su fabricación o en condiciones de servicio. Para llevar a cabo este examen metalográfico es esencial una correcta preparación de las muestras, desde la selección de los discos de corte adecuados hasta el ajuste de los parámetros en las etapas de desbaste y pulido, según las características particulares de cada acero.

Posteriormente, el ataque selectivo con reactivos químicos de la superficie resultante permite revelar la presencia de los distintos componentes de la microestructura, además de permitir su identificación e interpretación.

Con el objetivo de presentar los métodos adecuados para la preparación metalográfica de los aceros, así como mejorar la comprensión de la formación y trasformación de su microestructura, las compañías LEICA MICROSYSTEMS y NEURTEK, el Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN y el INSTITUTO DE FUNDICIÓN TABIRA convocaron a 70 profesionales de empresas del sector a una jornada de trabajo.

El INSTITUTO DE FUNDICIÓN TABIRA dio la bienvenida a los asistentes a través de su Secretario General, José Javier González, quien dio paso a la conferencia introductoria denominada "Preparación metalográfica de aceros". El responsable del área de metalografía en la compañía NEURTEK, Alejandro Ruiz de Alegría se encargó así de iniciar el programa técnico de este workshop.

A modo introductorio, el experto mostró las distintas fases que permiten llegar a una correcta evaluación de

Más de 40 empresas del sector ampliaron conocimientos en torno a la metalografía de los aceros.

Alejandro Ruiz de Alegría (Responsable del área de metalografía en NEURTEK), iniciando el programa técnico de la jornada de trabajo.

IV FÓRUM TÉCNICO DE TRATAMIENTO TÉRMICO

TECHNICAL FORUM ON HEAT TREATMENT

2019

17 de octubre

October 17th

IK4-AZTERLAN (Durango)

tabira Instituto de Fundición

WFO

IK4 AZTERLAN Research Alliance

TRATER Press

Solicitud de información del evento, mediante email a info@iftabira.org
o a través de la web https://bit.ly/2Hkc91M

la muestra, pasando inicialmente por su preparación metalográfica y posteriormente por el análisis.

A continuación, el ponente compartió algunas explicaciones sobre los factores básicos que hacen necesarias estas fases de trabajo, como aspectos relacionados con la investigación y el desarrollo (el 75% de los aceros utilizados actualmente se han desarrollado en los últimos 20 años), el control de calidad o el análisis de fallos.

Posteriormente, la ponencia fue desgranando los distintos métodos de trabajo. Se explicaron así las ventajas e inconvenientes de los métodos de corte por soplete, plasma, láser, chorro de agua, sierra y cortadora metalográfica, atendiendo especialmente a los tipos de daño generados. También se analizaron las claves para escoger entre una embutición en frío o en caliente, atendiendo a factores como el precio de la resina, el coste de los equipos o el volumen de trabajo. En cuanto al lijado, una de las partes más importantes de la preparación, se señaló que se debe realizar correctamente para poder observar la microestructura "real", sin introducir cambios en la muestra que nos lleven a un análisis erróneo. Finalmente, la presentación realizó un recorrido por el pulido y los diferentes tipos de ataque.

A continuación, Dionís Díez, Especialista de Aplicaciones de la compañía LEICA MICROSYSTEMS, abordó la "Interpretación de la microestructura de los aceros", explicando en detalle a las empresas presentes sus elementos constituyentes, la solidificación de estos materiales y la formación de microestructura, así como sus transformaciones.

Como introdujo el ponente, la microestructura de metales y aleaciones se puede estudiar a diferentes escalas, desde la simple observación macroscópica hasta los detalles y defectos de la red cristalina a escala atómica,

Dionís Díez (LEICA MICROSYSTEMS), compartiendo con las empresas presentes su amplia experiencia y conocimiento en interpretación de microestructuras de aceros.

pero es en el rango de tamaño entre 10 y 500 micras donde aparecen los componentes de los que dependen buena parte de las propiedades de interés.

La exposición se inició con la descripción de los componentes principales, como fases y granos, así como de los compuestos y precipitados de menor tamaño, que pueden aparecer por la afinidad química de los diferentes elementos que forman la composición de una aleación.

Puesto que el sistema hierro-carbono es la base para la definición y clasificación de los aceros, se expusieron a continuación las peculiaridades de ambos elementos, en particular el polimorfismo del hierro y las formas alotrópicas del carbono junto a su capacidad de formar compuestos (carburos) o de integrarse en las redes cristalinas de los metales.

El hierro es el único elemento metálico (junto con el titanio) que presenta más de un sistema cristalográfico en función de la temperatura, y ya desde los inicios de la metalografía, las distintas formas del hierro nombradas como alfa, gamma o delta derivaron en los nombres de las fases comunes de los aceros como la ferrita o la austenita. La presencia del carbono modifica las temperaturas a las que estas transiciones de forma tienen lugar y permiten construir el diagrama de fases, donde se sitúan los dominios de cada fase en función de la temperatura y el contenido de carbono del acero.

Seguidamente se expusieron cómo se forman las distintas fases durante la solidificación y enfriamiento del acero y los cambios de composición asociados que tienen lugar alrededor de los puntos singulares del diagrama de fases, como el eutectoide, para proceder a continuación a la interpretación de las microestructuras resultantes.

Una vez descritas las características de las fases y componentes que integran la microestructura de solidificación de los aceros, se procedió a describir la transformación de la misma a través de tratamiento térmico mediante el uso de las curvas de transformación isotérmica y de enfriamiento continuo. Las microestructuras obtenidas por tratamiento térmico abarcan un amplio rango de durezas y propiedades mecánicas, desde matrices blandas con cementita globulizada tras recocido hasta estructuras martensíticas tras temple y revenido.

Tras una breve explicación de la morfología y propiedades de las fases intermedias, se abordaron cuestiones prácticas como la determinación de la austenita retenida y la diferenciación por métodos selectivos de ataque entre fases resultantes de tratamiento isotérmico o temple,

como bainita y martensita, así como el revelado del grano austenítico original.

Por último, se revisaron ejemplos de microestructuras típicas de aceros a modo de compendio de los conceptos introducidos y como medio de auto-evaluación en la interpretación práctica de las fases y constituyentes de la microestructura de los aceros.

La presentación de Dionís Díez permitió revisar cuestiones prácticas, así como revisar ejemplos de microestructuras típicas de aceros.

Tras el contenido anterior, el programa técnico continuó con una ponencia de José Antonio Goñi, Responsable del Área de Metalurgia del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN, centrada en la "Estructura granular de los aceros". El experto introdujo inicialmente los aspectos que valora la metalografía en los aceros, mencionando la cuantificación y distribución de contenido inclusionario, la identificación de constituyentes (en cuanto a tamaño, forma y distribución de las fases que comprenden la aleación) o la cuantificación del tamaño de grano. Resaltó cómo la presencia de inclusiones no metálicas es intrínseca al acero en mayor o menor grado, así como los efectos más significativos en distintas propiedades.

En cuanto al origen de la estructura granular, se explicó cómo la solidificación de un metal o aleación metálica en estado líquido ocurre por formación y crecimiento de núcleos. La disminución de energía causada por el enfriamiento produce una aglomeración espontánea de partículas, permitiendo la formación de un núcleo. A medida que la temperatura disminuye, los núcleos cre-

Además de profundizar a nivel teórico en las claves de la metalografía de los aceros y de la preparación de muestras, los asistentes pudieron utilizar los equipos disponibles para la sesión práctica durante toda la tarde, revisando también sus propias muestras.

cen, dando origen a los granos que constituirán la estructura del metal sólido. Se detalló también la hipótesis que explica el establecimiento de la unión en los límites de grano, así como la influencia de la velocidad o del molde en el tamaño de grano resultante.

El tamaño de grano tiene considerable influencia en las propiedades de los metales y aleaciones, por lo que su cálculo teórico es relevante, así como la adecuada realización de los diferentes tratamientos térmicos cuyo principal objetivo es obtener el tamaño deseado. En general debe considerarse que cuanto más fino es el tamaño de grano mayor resistencia a la tracción, mayor dureza y menor distorsionan durante el temple, así como también menor susceptibilidad al agrietamiento. Sin embargo, el grano grueso en los aceros mejora la templabilidad, conformabilidad y la resistencia al creep.

El último bloque de esta presentación estuvo enfocado en el cálculo teórico del tamaño de grano, donde uno de los aspectos más importantes en su estimación es conseguir un correcto revelado de los bordes de grano.

Jose Antonio Goñi (IK4-AZTERLAN), profundizando en las influencias de la estructura granular de los aceros en sus propiedades metalúrgicas.

La tarde estuvo marcada por la componente eminentemente práctica del seminario. A través del uso de diversos equipos, tanto para las distintas fases de preparación de las muestras como para el análisis metalográfico, los asistentes pudieron reforzar lo explicado durante la mañana. Los expertos de las compañías LEICA MICROSYSTEMS y NEURTEK acompañaron a las empresas presentes a través de los correspondientes bloques de trabajo.

HOT técnicas en Hornos HOT S.L.

AICHELIN Group

HORNOS DE TRATAMIENTO – MAQINAS DE INDUCCION - QUEMADORES

Hauzer TECHNO COATING PVD / PACVD TECHNOLOGY

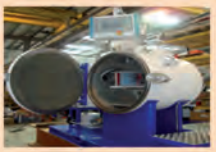
EQUIPOS DE PVD – Y - PACVD

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

Alberto Torcal (LEICA MICROSYSTEMS), trabajando con uno de los grupos los aspectos más prácticos del workshop técnico.

El primero de estos espacios de trabajo práctico se centró en los procesos de corte, embutición, pulido y ataque. Se reforzaron así todos los contenidos aportados en la sesión teórica inicial, mediante ejemplos prácticos de preparación de muestras metalográficas. Para apoyar esta práctica, se contó con una vitrina de gases para embutición en frio, una prensa metalográfica ATM O-PAL 410 y una pulidora automática ATM SAPHIR 520.

En la sesión práctica dedicada a la observación microscópica, los asistentes pudieron hacer uso del microscopio metalográfico Leica DM6M y del microscopio digital DVM6A para inspeccionar sus muestras y realizar las mediciones cuantitativas de interés con el software de análisis de imagen, al tiempo que se iban comentando en grupo los pasos a llevar a cabo en función del tipo de análisis requerido. Entre ellos, la determinación del tamaño de grano, la distribución de fases en la matriz y el análisis inclusionario o de precipitados fueron algunos de los ejemplos desarrollados durante las sesiones prácticas.

Tras los bloques de trabajo establecidos en el programa, los asistentes pudieron prolongar la sesión resolviendo

Algunos de los ponentes del Workshop Técnico.

dudas de tipo práctico sobre el uso de los equipos o los procesos explicados.

A modo de resumen, las compañías asistentes pudieron visualizar los métodos más adecuados para la preparación metalográfica de los aceros, así como mejorar su comprensión de la formación y trasformación de su microestructura, con especial énfasis en aquellos elementos sujetos a especificaciones de calidad o relacionados con mecanismos de fallo habituales en piezas de acero.

Desde la organización del acto, se agradece el esfuerzo y la colaboración de los técnicos de las distintas empresas y centros que han hecho posible la coordinación y materialización de este interesante espacio técnico de trabajo entre empresas.

Organizadores y entidades/compañías colaboradoras:

tabira Instituto de Fundición

IK4 AZTERLAN Research Alliance

DEE-AED

Durangoko Merinaldearen Amankomunazgoa
Mancomunidad de la Merindad de Durango

Leica MICROSYSTEMS

NEURTEK instruments

BATALHA / PORTUGAL

3D ADDITIVE EXPO

Feria Internacional de fabricación aditiva
y impresión 3D

19 - 21 MARZO **2020**

¡El futuro es ahora!

PARA MAIS INFORMAÇÃO / FOR MORE INFORMATION:

rogeriohenriques@exposalao.pt 00 351 914 924 726
carlapereira@exposalao.pt 00 351 244 769 492

organização: EXPOSALÃO

Claros y nubes en el metal: Mantiene cifra récord de empleo pero baja su actividad

Por FEMEVAL (Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana)

El empleo del metal de la Comunidad Valenciana se mantuvo a la puerta de los 200.000 puestos de trabajo en el segundo trimestre de 2019, según destaca el Informe de Coyuntura del sector metalmecánico de la Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana (FEMEVAL).

En total 199.771 empleos, que suponen un crecimiento del 3,5% respecto al mismo periodo de 2018, e igualar la cifra récord de personas empleadas de enero a marzo con la que se consiguió la mayor ocupación desde hace una década. Por ramas de actividad, la industria mantuvo los 104.671 empleos del primer trimestre.

El comercio al por mayor creó 2.100 puestos de trabajo situándose en 27.600 personas empleadas, y la venta y reparación de vehículos sumó 800 nuevos puestos, con lo que alcanzó los 36.300 ocupados. El peor dato lo registran las instalaciones del metal al acusar un descenso de 34.100 a 31.400 empleos.

Por su parte, y frente a la caída del -2,2% de la producción industrial estatal, la actividad del metal de la Comunitat Valenciana aumentó en un 4,2% de abril a junio.

No obstante, este indicador supone una moderación del crecimiento del 11,1% experimentado en el segundo trimestre de 2018 y del 11,5% de los primeros meses de este año.

Por subsectores, se produjo un estancamiento del material de transporte y de transformados metálicos, y aumentó la actividad en un 14% de la fabricación de maquinaria y equipo mecánico, y un 25,2% la de material y equipo eléctrico, electrónico y óptico.

Según destaca el presidente de FEMEVAL, Vicente Lafuente, "con toda la cautela que exige la incierta situación mundial, la golpeada eurozona, así como la inestabilidad política de España, estos resultados constatan que el metal se resiste a dejarse llevar por el pesimismo.

No obstante, esta puja por seguir siendo locomotora de crecimiento, también requiere del despliegue de reformas estructurales de calado urgentes, para evitar un frenazo que paralice esta inercia.

Medidas que flexibilicen mercados, mejoren la competitividad empresarial, estimulen la creación de empleo y la inversión privada, eliminen la burocracia innecesaria, eleven la eficacia de la Administración y aseguren una buena calidad del sistema educativo y de innovación".

LAS EXPORTACIONES CONTINÚAN AL ALZA

Las exportaciones del metal consolidaron su tendencia al alza al crecer en un 6% de enero a junio. El volumen de exportaciones alcanzado fue de 6.114 millones de

euros y continúan representando el 38% del conjunto de las realizadas en la Comunidad Valenciana.

Los productos exportados que más crecieron con un 26% de incremento fueron los aparatos y material eléctrico, así como la maquinaria.

Sobre los destinos, destacan las exportaciones a Canadá (un 638%) y a EE.UU. con un 47%, lo que apunta que los efectos de las medidas proteccionistas de Trump se están diluyendo.

Las empresas valencianas otorgaron una nota media del 6,8 a la situación económica actual. Por subsectores, la valoración más elevada es la de los subsectores de industria e instalaciones con un 7, seguidas por el 6,6 del comercio del metal.

La venta y reparación de automóviles vuelven a conceder la menor nota con un 5,9, por las dudas que plantea el sistema de combustión a medio plazo.

Sobre los factores limitadores de la actividad de las empresas que señala el informe de FEMEVAL, un 62% apunta la falta de mano de obra cualificada, el 50% los elevados costes laborales, la débil demanda interior recibe un 36% y un 30% la escasa financiación autonómica.

Asimismo, un 20% considera problemático tanto el déficit tecnológico y bajo nivel de innovación, como la escasa dimensión de las empresas valencianas.

EXPECTATIVAS DE NEGOCIO NEUTRALES PARA EL TERCER TRIMESTRE DE 2019

"Las expectativas de negocio se mantienen en un terreno totalmente neutro y expectante desde hace más de año y medio". En cuanto a creación de empleo y evolución de inversiones, las empresas metalmecánicas continuamos a la espera del desenlace de acontecimientos como el Brexit y del alcance de la incertidumbre que provoca la situación política y económica mundial, europea y nacional", destaca el presidente de FEMEVAL.

Abrasivo de acero de alta calidad para granallado

La tecnología de Ervin para abrasivos con alto contenido de carbono es la más avanzada del mundo. Ervin fabrica sus productos en Alemania y el Reino Unido de acuerdo con los estándares internacionales SAE e ISO. Nuestro proceso de producción, completamente controlado, garantiza productos uniformes con una microestructura martensítica templada. Los estrictos controles de calidad, combinados con un proceso de producción líder, reducen el consumo y aumentan la transmisión de energía de la granalla, proporcionando el mejor resultado para nuestros clientes.

ERVIN

Ervin Germany GmbH
P +34 628 531 487
iberia@ervin.eu

The World Standard for Quality

www.ervin.eu

Refractario 4.0: RHI Magnesita presentó las últimas innovaciones en METEC

"Ya sea un teléfono celular, un automóvil o una casa: nuestra vida moderna sería impensable sin una industria refractaria. Es por eso que suministramos a nuestros clientes de manera confiable con precisión, las soluciones refractarias de alta calidad que necesitan para fabricar sus productos", explica Stefan Borgas, CEO de RHI Magnesita, en una presentación a los medios en METEC 2019. "Sólo con la más alta calidad y un excelente servicio. Nuestros clientes en todo el mundo son un socio confiable. Ahora es el momento de iniciar una nueva era: el refractario 4.0".

RHI Magnesita está digitalizando su exclusiva cadena de valor integrada hacia atrás, desde la extracción de materias primas, a través de la fabricación de los productos y la cadena de suministro, hasta la aplicación del cliente.

"Estas innovaciones son el resultado de un trabajo de investigación y desarrollo intensivo y altamente exitoso en

RHI Magnesita. Con más de 270 empleados en cinco centros de investigación en todo el mundo, nuestra empresa cuenta con la organización de investigación y desarrollo más grande de la industria. Cada año, invertimos 70 millones € en innovaciones para aumentar constantemente la confiabilidad, eficiencia y sostenibilidad del proceso", dice el Director de Tecnología Luis Rodolfo Bittencourt.

"No hace falta decir que sólo reclutamos a los mejores talentos y creamos un ambiente internacional con diversidad. Nuestros empleados son la fuerza impulsora detrás de nuestras innovaciones. Es por eso que les ofrecemos un entorno de trabajo donde pueden aprovechar al máximo sus fortalezas y desarrollar su experiencia", dijo Simone Oremovic, vicepresidente ejecutivo de Gente y Cultura.

"Nuestros clientes se benefician directamente de los resultados de nuestra investigación. Confían en la eficiencia

y confiabilidad de toda nuestra cadena de valor. Gracias a Refractory 4.0, llevaremos a toda la industria a un futuro en el que no sólo brindamos de manera confiable lo que nuestros clientes necesitan. También podremos anticiparnos a sus necesidades", dice el CSO Gustavo Franco.

Digitalización, automatización y robótica en minería.

RHI Magnesita tiene el más alto grado de integración hacia atrás en toda la industria de refractarios. Las fuentes de materia prima únicas de la empresa garantizan la mejor calidad del producto.

Los mapas 3D se utilizan para generar "gemelos digitales" de los depósitos de RHI Magnesita. Los modelos de bloques se basan en datos y estimaciones reales, y se actualizan diariamente después de cada explosión. Un algoritmo basado en inteligencia artificial genera un plan de minería optimizado. Gracias al mapeo 3D, todo el sitio puede ser monitoreado y se pueden realizar análisis y mediciones retrospectivas del área de minería,

que a su vez admite el control de calidad y la planificación de la minería.

Las innovaciones, como la perforación automatizada en superficie y subterránea, están llevando a la industria un paso más allá. Los controles electrónicos permiten la perforación sin supervisión, por lo que el equipo de perforación puede perforar el núcleo, incluso cuando el personal no está presente durante un cambio de turno.

Fábrica inteligente

RHI Magnesita controla sus ubicaciones en tiempo real con su propio sistema de gestión de información de procesos. Más de 500 máquinas intercambian y envían alrededor de 75.000 etiquetas de información por segundo.

La prueba ultrasónica de la última generación permite la prueba totalmente automática de las piedras MgCr de RHI Magnesita. Al medir con un pulso se pueden detectar grietas de eco y enlaces sueltos. Las pruebas y la jubilación automática ni siquiera tardan diez segundos.

Cadena de suministro inteligente: siempre presente cuando nuestros clientes nos necesitan

En 2018, alrededor de 2,5 millones de toneladas de productos refractarios de alta calidad fueron entregadas en 35 ubicaciones de todo el mundo. Los pronósticos son la columna vertebral de la inteligente y exitosa cadena de suministro de RHI Magnesita. Las herramientas de simulación basadas en big data permiten la optimización continua del flujo de materias primas, las capacidades de producción y la entrega a los clientes. Gracias a la interacción entre el pronóstico cuantitativo de producción y el pronóstico de ventas, se puede crear un pronóstico detallado de la materia prima para cada planta. Esto permite que RHI Magnesita garantice la seguridad de suministro para sus clientes al más alto nivel posible.

Con el fin de evitar espacios de carga superpoblados, accidentes y tiempos de espera innecesarios, RHI Magnesita ha implementado el sistema de gestión de intervalos de tiempo de Transporeon. Mapea las capacidades reales de carga y descarga en un programa y ajusta automáticamente los tiempos de llegada de los camiones a las ranuras disponibles. Las rampas y los recursos de descarga son asignados y gestionados digitalmente por el sistema.

La planificación moderna de la red permite entregas confiables y el uso responsable de las materias primas. Todas estas medidas ayudan a minimizar las emisiones de CO2.

Smart Plant - Digitalización para el trabajo de nuestros clientes

RHI Magnesita desarrolla soluciones que reemplazan el mantenimiento manual de los sistemas de válvulas de compuerta de empuje y otros pasos de producción con procesos robóticos y sensores totalmente automáticos.

Otra innovación que mejora significativamente la confiabilidad operativa es la herramienta de análisis de video "Hot Vision". Ayuda a comprender la influencia de ciertos procesos en la eficiencia de los procesos de pulverización, y a optimizar y controlar la calidad del proceso de pulverización de reparación. Con esta herramienta, RHI Magnesita ayuda a sus clientes a evitar procesos de pulverización ineficientes y rebote de material, al tiempo que aumenta la seguridad operativa.

Desarrolla y produce soluciones de medición para la industria siderúrgica en todo el mundo, como el sistema de medición VISIR (plataforma de visión e infrarrojos). Estas innovaciones aumentan la seguridad de los agregados y sartenes, mejoran el rendimiento del proceso y aumentan la calidad del rendimiento. La plataforma del indicador de nivel electromagnético (EMLI) proporciona soluciones para la medición de nivel, detección de escoria, seguridad y evaluación de calidad.

La optimización automatizada de procesos (APO) ayuda a predecir la vida útil de los refractarios mediante el análisis de datos utilizando inteligencia artificial, optimizando así el servicio al cliente.

Reparación de molde de forja mediante deposición metálica por láser

Por J.C. García[a], A. Suarez[b], A. Alberdi[b] y M. Ortiz[b]

1. INTRODUCCIÓN

Se plantea un caso de estudio con la posibilidad de reparación de un molde utilizado en operaciones de forja para componentes de automoción, mediante la aplicación de un recargue mediante la técnica de deposición metálica por láser (LMD).

Los moldes de forja en caliente sufren grandes esfuerzos termo-mecánicos, por los esfuerzos debidos al impacto de la prensa de forja y al mismo tiempo por la fatiga térmica producida por el contacto de la pieza caliente con su superficie y la refrigeración posterior, para evitar un calentamiento excesivo del molde que llegue a degradar sus características mecánicas.

Los moldes en este proceso de forja tras una serie de ciclos llegan a degradarse de tal manera, con la aparición de grietas superficiales y ver reducida su vida útil. Por otra parte según la complejidad del molde, éste puede ser uno de los componentes más caros de la operación de forja. Es habitual por tanto, su reparación antes de proceder a su completa sustitución. En los talleres un método clásico de reparación de los moldes es la aportación de material mediante recargues por soldadura.

En este caso, se plantea la posibilidad de sustituir este método clásico de reparación mediante soldadura con la aportación mediante "laser cladding" o deposición metálica por láser. Las especificaciones solicitadas a la reparación son básicamente la dureza aportada por el proceso de deposición, el espesor de la capa proyectada, la conductividad térmica y las tensiones residuales en superficie generadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se han utilizado los materiales correspondientes a los utilizados en la industria de forja. El material base se trata de un acero 1.2344 (conocido como H13) típico para aplicaciones de trabajo en caliente y el material utilizado para la proyección láser, se trata de un acero para cementación 1.6523 en forma de polvo con tamaño de partículas de 45 a 125 micras. Las composiciones vienen definidas en la Tabla 1.

	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V
1.2344	0,4	1,0	0,4	5,3	1,4	–	1,0
1.6523	0,2	0,25	0,8	0,5	0,2	0,55	–

Tabla 1. Composiciones típicas de los aceros utilizados.

Previamente se ha tratado térmicamente el material 1.2344 con temple y revenido para conseguir la dureza típica de los moldes de forja, en este caso se ha alcanzado una dureza de 48 HRC.

Las durezas medidas se han medido mediante indentación Rockwell y Vickers. Las micrografías se han realizado en banco metalográfico, las medidas de conductividad térmica mediante un equipo Hot Disk TPS 2500S a temperatura ambiente y las tensiones residuales mediante difracción de rayos-X, con un equipo XStress 3000 de la marca Stresstech con ánodo de cromo.

[a] TECNALIA. Fundición y Siderurgia.
[b] TECNALIA. Fabricación Avanzada.

Figura 1: Máquina híbrida multiproceso de Ibarmia ZVH-45/1600 ADD+PROCESS con cabezal de aporte Precitec.

Para la deposición mediante láser se ha utilizado la máquina híbrida ZVH 45/L1600 ADD+PROCESS multiproceso de Ibarmia, que Tecnalia tiene disponible en sus instalaciones, Figura 1. Se trata de un centro de mecanizado multiproceso de 5 ejes que integra en un solo equipo, la capacidad de ejecutar diversos procesos de mecanizado y la fabricación aditiva mediante LMD. Esta máquina tiene integrado un láser de fibra Rofin de 3 kW. Además, cuenta con un cabezal de aporte discreto (4 puntos de inyección) del fabricante Precitec.

Se ha realizado una primera serie inicial de deposiciones con un solo cordón lineal, y con objeto de obtener resultados más extrapolables a una aplicación real en la que se necesiten varios cordones solapados, una segunda serie de recubrimientos con 10 cordones solapados. Posteriormente una vez seleccionada una condición de deposición favorable, se ha fabricado una nueva serie de probetas cilíndricas para la evaluación de la conductividad térmica.

Las condiciones de deposición vienen definidas en la Tabla 2 manteniendo la relación Potencia/velocidad y un flujo de polvo constante en todos los cordones de 19,63 g/min. Con estas condiciones se ha tratado de obtener un espesor aproximado de 1,5 mm de capa depositada.

Cordón	Potencia, P [W]	Velocidad, v [mm/min]	P/v
1	500	150	3,33
2	1000	300	3,33
3	1500	450	3,33
4	2000	600	3,33
5	2500	750	3,33

Tabla 2. Condiciones de deposición de los distintos cordones.

Las referencias de las muestras serán la referencia del cordón y con un sufijo "-S" para el caso de los 10 cordones solapados: 1-S, 2-S, 3-S, …

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra el aspecto de los cordones obtenidos. Visualmente se aprecia una mala adherencia entre deposición y sustrato en los cordones con la condición "1". Se puede observar una falta de adherencia completa en el caso de los 10 cordones solapados en esa condición. En el caso de un solo cordón, éste salta en

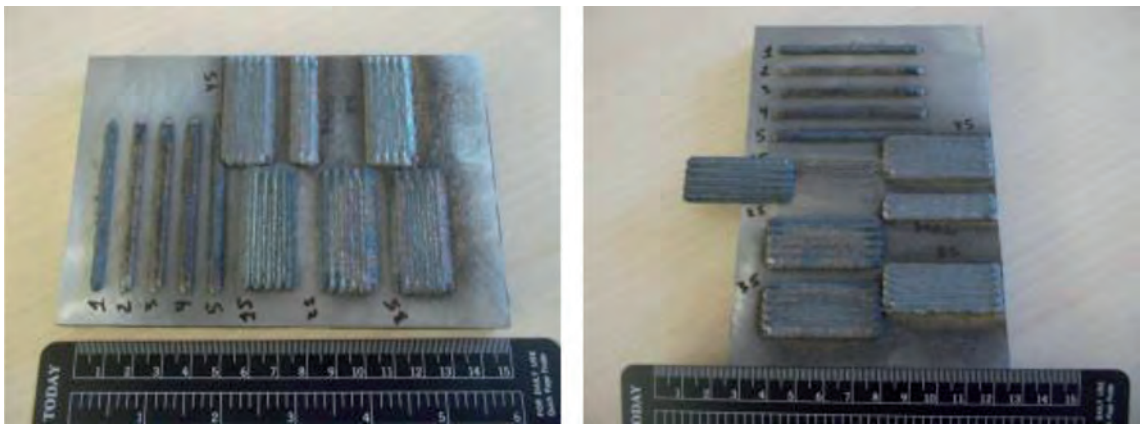


Figura 2: Placa base con los cordones depositados.

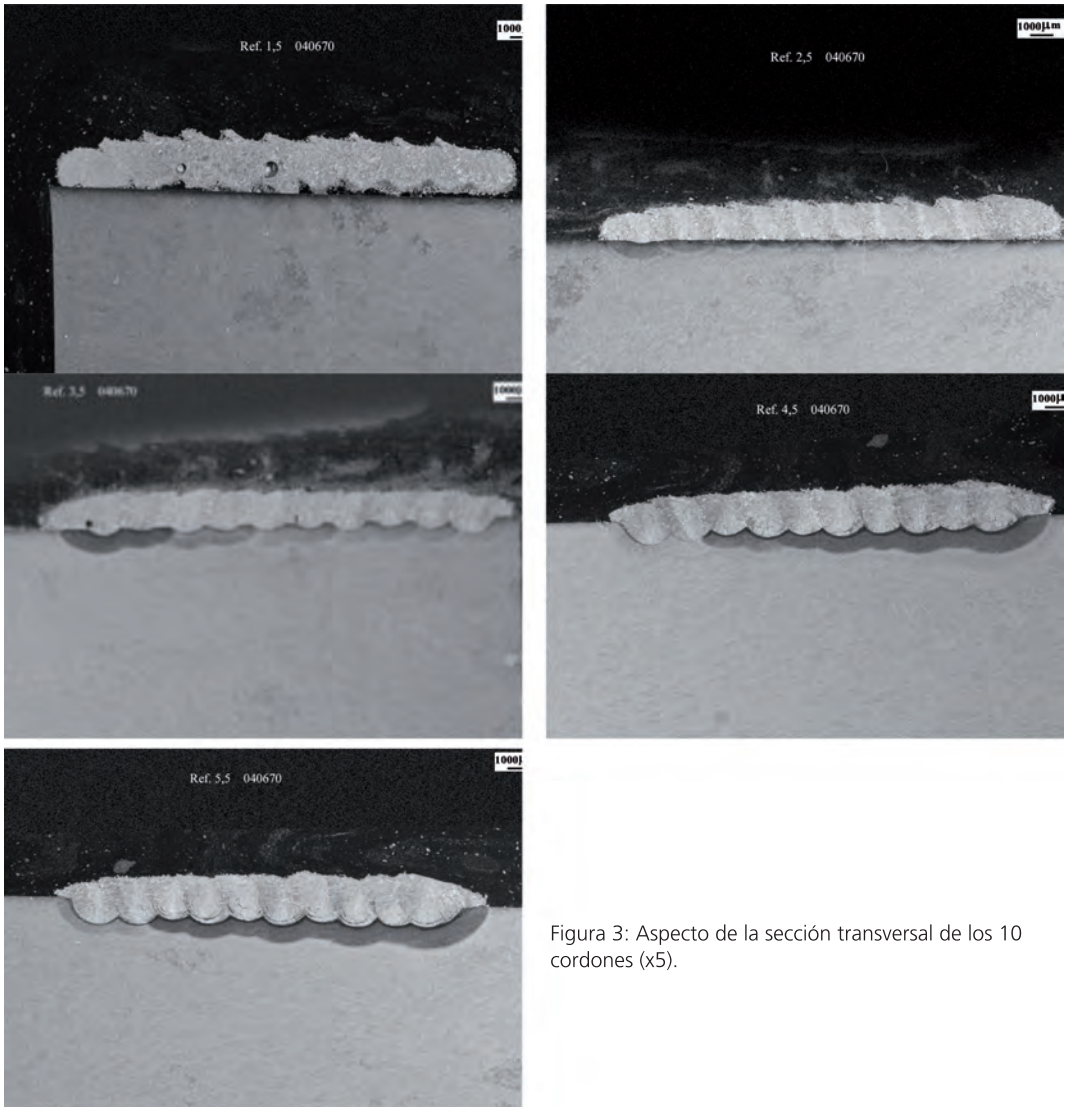


Figura 3: Aspecto de la sección transversal de los 10 cordones (x5).

cuanto se trata de realizar un corte en su preparación metalográfica.

La Figura 3 muestra las estructuras observadas en los cortes en sección realizados a los cordones. Se puede apreciar que las muestras de referencia 1 y 2 no presentan signos de fusión en el material base que permita el "anclaje" de la deposición. Asimismo, se observa que tanto la penetración de la capa en el material base como el espesor de la zona afectada térmicamente (ZAT) aumentan según aumenta la potencia del láser; esta zona afectada resulta también creciente con cada nuevo cordón solapado.

El espesor de la capa depositada se mantiene en torno a 1,5 mm que corresponde al espesor de capa deseada.

La Figura 4 muestra el perfil de las durezas obtenidas, si bien son medidas realizadas en Vickers, se han representado las durezas equivalentes en unidades Rockwell C [HRC]. Las medidas indican una reducción de la dure-

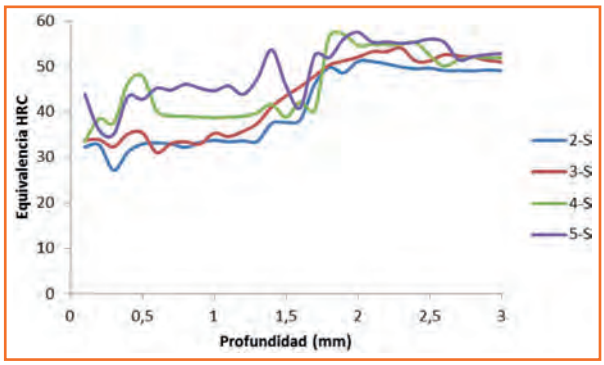


Figura 4: Evolución de la dureza en profundidad según las condiciones de proceso.

za en la capa depositada frente a la obtenida en el material base. Al tratarse de un material de menor contenido en carbono, sería conveniente realizar un tratamiento de cementación para aumentar la dureza.

Tras la evaluación de las condiciones de deposición analizadas en este caso, se han rechazado las condiciones "1" y "2" ya que su adherencia al sustrato no es apropiada. La muestra de referencia "3", aún con buena adherencia al material base, no presenta una adecuada penetración del cordón aportado en el material base.

Entre las condiciones más apropiadas para la deposición determinadas por la correcta adherencia del recubrimiento al sustrato (condiciones "4" y "5"), se ha optado por seleccionar la de menor potencia aplicada para la evaluación de la conductividad térmica. Condición de proceso "4": potencia de 2.000 W y velocidad 600 mm/min para la obtención de cilindros con recubrimiento, que permitan evaluar este parámetro con la técnica indicada.

Para ello, ha sido necesario realizar un ligero rectificado a la superficie para poder posicionar el elemento calefactor entre ambos cilindros y poder evaluar la conductividad térmica, resultando una reducción en el espesor de la capa depositada, Figura 5, desde los 1,5 mm iniciales a los 1,2 mm tras el rectificado de la superficie. Los resultados obtenidos indican una conductividad térmica de 28 W/m.K de la pieza recubierta frente a los 25 W/m.K en la pieza original, teniendo en cuenta que el volumen analizado abarca también parte de material base.

Este aumento sin ser muy significativo, sí que muestra una cierta mejora en la conductividad térmica, por lo que desde este punto de vista como método de reparación de moldes de forja en caliente sería apropiado.

Las tensiones residuales medidas en superficie se han evaluado en el material base y en las posiciones indicadas sobre las capas depositadas con solapamiento de diez cordones. Se han tomado valores en material base, cordones y zona afectada lateral adyacente al cordón,

		Tensión residual [MPa]				
		0º	45º	90º	Max.	Min
Base		-205	-257	-63	9	-276
ZAT	2-S	-135	-41	82	83	-136
	3-S	-344	-268	-122	-117	-349
	4-S	-436	-410	-330	-323	-442
	5-S	-171	-9	61	70	-179
Cordón	1-S	44	65	63	69	39
	2-S	-69	-53	22	31	-77
	3-S	12	10	-23	18	-28
	4-S	29	57	44	58	14
	5-S	3	-8	-13	3	-14

Tabla 3. Tensiones residuales en superficie según dirección indicada en la Figura 6.

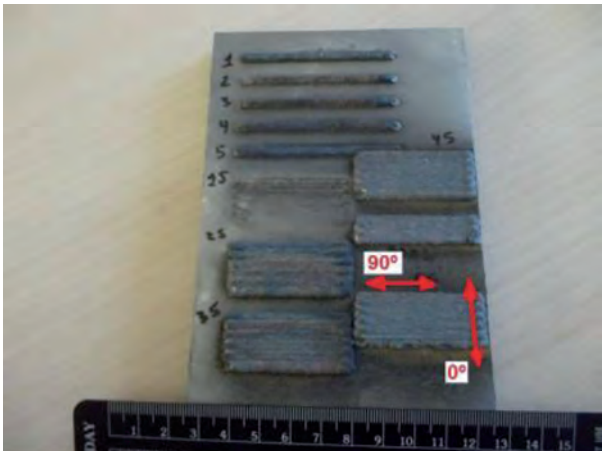


Figura 6: Direcciones de medida de las tensiones residuales en superficie.

los resultados vienen indicados en la Tabla 3; las direcciones de medida se definen en la Figura 6. Los valores negativos representan valores de tensión a compresión.

Se puede apreciar que la placa templada y revenida presenta unos valores de tensión residual en superficie a

Figura 5: Cilindros preparados para medida de conductividad térmica (izda.: obtenido; dcha.: rectificado).

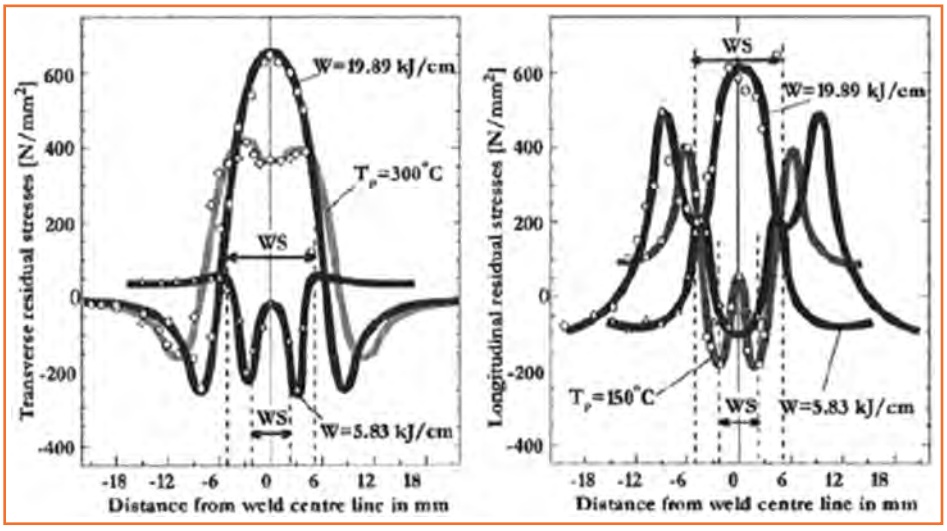


Figura 7: Tensiones residuales obtenidas en recargue TIG sobre aceros estructurales. (Lu 2005).

compresión apreciables, tal y como predicen diversos autores (ASM International, 1998) (Lu 2005).

Cabe destacar la reducción del nivel de tensiones obtenido sobre el propio recargue aportado. Aún en el caso de que su valor muestra tensiones residuales a tracción, su valor de tensión máxima no llega a superar en ningún caso los 70 MPa; muy por debajo de las tensiones residuales generadas en procesos de recargue mediante TIG en chapas templadas y revenidas sobre un acero estructural, Figura 7, que alcanzan valores en torno a 600 MPa tanto en direción transversal como longitudinal (para elevados parámetros de aporte térmico) (Lu 2005).

En el caso de la zona afectada, las tensiones residuales obtenidas muestran valores con variaciones notables. Esta dipersión se puede achacar a la heterogenieidad de la zona, afectada y que el área de análisis es mayor que la zona por lo que se recoge información del cordón, la zona afectada y el material base.

Hay que señalar que en este estudio se han evaluado las tensiones residuales con el recargue con el acabado tal y como se produce. En el caso de ser utilizado para la raparación de un molde, este acabado no sería válido y se necesitaría un mecanizado, por lo que el valor de estas tensiones sería alterado.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado una metodología diferente para la reparación de moldes de forja para trabajo en caliente, mediante la aportación de metal mediante láser.

Se han analizado físicamente diferentes parámetros de aporte, manteniendo una cantidad de flujo de polvo metálico constante, así como la relación potencia/velocidad.

Es posible conseguir con una sola pasada de cordón (sin solapamientos) un espesor aproximado de capa depositada de 1,5 mm.

Para las velocidades de avance utilizadas en este estudio, la potencia mínima de láser que se debe utilizar para obtener un recubrimiento de acero para cementación 1.6523 sobre acero 1.2344 (H13) con una adherencia aceptable, es de 1.500 W.

Se ha podido comprobar que las tensiones residuales generadas por el proceso de aporte son de un valor reducido sobre el propio cordón, asimismo la conductividad térmica es ligeramente superior a la obtenida en el material base.

Las durezas, si bien son más reducidas que las obtenidas en el material base, podrían ser aumentadas mediante tratamientos térmicos. En ese caso, se deberían comprobar las tensiones residuales y la conductividad térmica, ya que serían modificadas por dicho tratamiento.

AGRADECIMIENTOS

Desearíamos agradecer al Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco el apoyo al proyecto EUSK-ADDI a través del programa Etorgai.

REFERENCIAS

ASM International. «ASM Handbook Vol. 4.» En Heat Treating. 1998.

Lu, Jian. Handbook on residual stress. 2nd Edition. Society for Experimental Mechanics, 2005.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE

VOLÚMEN 1 "PRINCIPIOS DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS"

Está ordenado en tres partes. **La primera parte** aborda los conceptos fundamentales que caracterizan las transformaciones que tienen lugar en el acero, tanto en el calentamiento como en el mantenimiento a temperatura de tratamiento, así como en el enfriamiento hasta final de ciclo: diagrama hierro-carbono (Fe-C); diagrama TTT (temperatura-tiempo-trasformación) y diagrama TEC (diagrama de enfriamiento en continuo).

La segunda parte define los tratamientos térmicos másicos: normalizado, recocido, temple revenido, bonificado. Los isotérmicos: austempering, martempering y patentado. Así como los tratamientos subcero y los criogénicos, acentuando los aspectos prácticos de este grupo de tratamientos sin descuidar las bases teóricas de los mismos.

La tercera parte se centra en los tratamientos superficiales: cementación, nitruración, carbonitruración y temples superficiales (temple por inducción, temple a la llama y temple por rayos láser. La importancia creciente y las continuas innovaciones quedan justificadas en los capítulos dedicados a ellos.

VOLÚMEN 2 "ACEROS DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICA Y SU TRATAMIENTO TÉRMICO"

Describe de una forma práctica, clara y concisa, todo lo que concierne a los aceros finos de construcción mecánica y también a los aceros inoxidables. El libro está estructurado en dos partes. **La primera parte**, que consta de 9 capítulos, se examinan los aceros al carbono y aleados de temple y revenido, los de cementación y nitruración, los aceros para muelles, los de fácil maquinabilidad y de maquinabilidad mejorada, los aceros microaleados, los aceros para deformación en frío y los aceros para rodamientos. **La segunda parte** está dedicada al estudio de los aceros inoxidables; los dos primeros y extensos capítulos describen los aceros inoxidables y su comportamiento frente a la corrosión. Tras la clasificación de las distintas familias inoxidables, se profundiza en la soldadura de tal grupo de aceros y la relevancia que tiene el tratamiento post soldadura. Con este bagaje, el estudio de los mecanismos de las distintas formas de corrosión es claro y preciso.

El último capítulo está dedicado a los aceros maraging. Se describen los mecanismos del endurecimiento por precipitación de dichas aleaciones, así como los tratamientos más adecuados para alcanzar una extraordinaria y una muy alta tenacidad. Con los tratamientos termoquímicos y térmicos, aplicables a dichas aleaciones, termina el capítulo.

VOLÚMEN 3 "ACEROS DE HERRAMIENTAS PARA TRABAJOS EN FRÍO Y EN CALIENTE, SU SELECCIÓN Y TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS RÁPIDOS"

Como el volumen 2 está dividido en dos partes, **la primera parte** se inicia haciendo una consideración sobre 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, así como los factores metalúrgicos y tecnológicos que influyen en el comportamiento de las herramientas en servicio. Se discuten algunas consideraciones referentes a la teoría y práctica del tratamiento térmico de los aceros al carbono y de los aceros aleados para herramientas en general

Se profundiza sobre esta gran familia de aceros: aceros al carbono, aceros aleados para trabajos en frío, aceros aleados para trabajos en caliente; particularizándose sobre la extrusión en caliente y la fundición inyectada, así como de los aceros más cualificados para cada uno de sus componentes y herramientas correspondientes. Se analizan, al mismo tiempo, los aceros espaciales para la fabricación de moldes para la industria del plástico.

La segunda parte se destina por entero a una descripción profunda de los aceros rápidos y de su tratamiento térmico; ya que constituyen, por sus características intrínsecas y especiales, una categoría aparte en el contexto de los aceros aleados para herramienta.

VOLÚMEN 4 "FUNDICIONES DE HIERRO Y OTRAS ALEACIONES SUSCEPTIBLES DE TRATAMIENTO TÉRMICO"

La primera parte del libro se refiere a las fundiciones de hierro, pasando revista a las fundiciones grises, a las atruchadas, así como a las blancas; insistiendo en los tratamientos de eliminación de tensiones, de ablandamiento, temple y revenido. Se incluyen también las fundiciones atruchadas y en los distintos tipos de fundiciones maleables; ferríticas, perlíticas, martensíticas o de corazón blanco.

Capítulo aparte merecen las fundiciones especiales: de grafito compacto o esferoidal, así como los tratamientos específicos de estas fundiciones. Igualmente reciben una atención especial las fundiciones ADI en las que se detallan, dada su especificidad, los tratamientos térmicos y un breve comentario sobre calidad ACI y las de calidad AGI.

La segunda parte del libro está dedicada a las aleaciones no férreas, tanto conformadas como fundidas y bonificables o no bonificables.

El **aluminio** y sus aleaciones son tratados con rigor tanto en su composición y propiedades como en los tratamientos térmicos que pueden y, en muchos casos, deben sufrir, ya sean tratamientos de endurecimiento por precipitación, de temple, de solubilización, de maduración o de recocido.

En el **cobre** y sus aleaciones se profundiza en el estudio de sus características principales. Dentro de la variedad de aleaciones de cobre se distinguen tanto los latones como los bronces o los cuproaluminios, cuprosilicios, cuproberilios y cuproníqueles, especificando los distintos recocidos de homogenización o recristalización, eliminación de tensiones, precipitación estructural o temple.

El **titanio** (Ti), metal descubierto en la última década del siglo XVIII. En un principio se tenía como mera curiosidad científica hasta que a mediados del siglo XX, una vez conocida sus excelentes propiedades mecánicas y tecnológicas, se reconoció su potencial como material que presenta, entre otras importantes propiedades, una muy alta relación resistencia/peso. Por su resistencia y relevante dureza, su extraordinario módulo específico, así como su baja densidad [Ti = 4,6 g/cm^3] se utiliza, cada vez más, en la moderna industria aeroespacial, desplazando a las aleaciones de aluminio y a los aceros inoxidables, etc. Su excelente resistencia a la corrosión, muy importante en agua de mar, permite su utilización –bastante generalizada– en la construcción de equipos marinos.

LOS MATERIALES METÁLICOS

Con la aparición del 4º volumen del título general

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS MATERIALES METÁLICOS

ACEROS Y OTRAS ALEACIONES SUSCEPTIBLES DE TRATAMIENTO TÉRMICO

se cierra el ciclo de esta extensa obra estructurada en 4 volúmenes.

Puede ver el contenido de los libros y el índice en: www.pedeca.es
o solicite más información en: 91 781 77 76 / pedeca@pedeca.es

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, 1º - 28001 Madrid

Teléfono: 917 817 776

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.

Seguimos con la matriz de corte de acero 1.2379 solicitada desde Cuba

Segunda cuestión:

Sentido de la fibra. Orientación

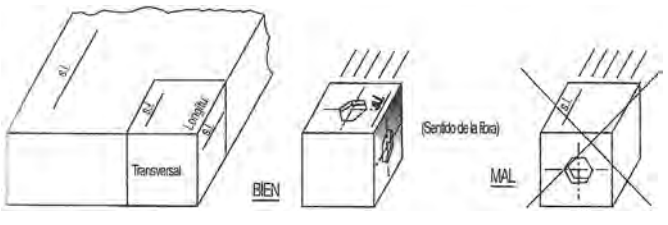
Se indican algunas recomendaciones a tener en cuenta en el momento de grabar figura sobre el bloque suministrado.

Se trata de utilizar de forma ventajosa la orientación fibrosa del material.

Es importante conocer cómo se efectúa el corte del trozo, taco, etc.

De esta forma se conocerá el sentido de la fibra, se evitarán problemas en el tratamiento térmico y la matriz o molde será más resistente.

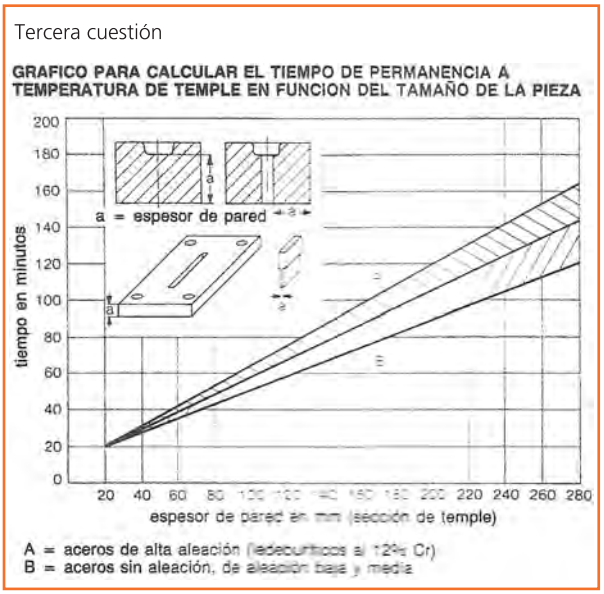
Segunda cuestión



Tercera cuestión

En el gráfico que presentamos nos dará la pauta para el cálculo del tiempo a temperatura de austenización que debe como mínimo estar la placa o matriz en función de la masa. De forma práctica y para nuestro acero (el correspondiente a la curva A) puede tomarse así, 10 minutos por cada m/m cuadrado de espesor, siendo el mínimo de 15 minutos a temperatura. Todo ello aplicado de una forma general en diferentes hornos (mufla, sales y vacío)

Tercera cuestión



Cuarta cuestión

W.-Nr.	TRATAMIENTO TÉRMICO					VALORES DUREZA HRc					
	Recocido globular		Temple		Revenido	Templado	Revenido (°C)				
	T (°C)	Dureza máxima HB	T (°C)	Medio de enfriamiento	T (°C)		100	200	300	400	500
1.2080	800-840	250	930-980	Ac, bc	180-250	63	63	62	60	58	-
1.2210	710-740	220	800-830	Ag, bc	180-250	64	64	61	58	-	-
1.2316	780-820	250	1000-1030	Ac	650-700	49	-	-	-	-	-
1.2363	800-840	230	930-970	Ac, bc	180-400	63	63	62	60	57	-
1.2379	840-860	250	1020-1040	a, ac, bc	180-250	64	63	60	58	58	58
1.2436	800-830	250	930-980	ac, a, aco, bc	180-250	64	64	63	60	58	-
1.2510	740-770	215	780-820	ac, bc*	180-250	64	64	62	57	53	-
1.2601	800-830	250	980-1020	ac, a, aco, bc	180-250	63	63	61	58	58	59
1.2721	610-630	250	840-870	Ac, a	160-300	59	59	56	52	48	44
1.2842	690-720	220	760-820	ac, bc*	150-250	64	64	62	58	-	-

Los valores de dureza Brinell –HB– indicados están referidos a una relación *Fuerza de ensayo – Diámetro del penetrador* que se ajusta a una constante de ensayo Q = 30.
Las claves utilizadas para la descripción del *Medio de enfriamiento* en el tratamiento de temple significan lo siguiente:
a = aire
ac = aceite
ag = agua
aco = aire comprimido *** (Nitrógeno a 4-5 Bars de presión)**
bc = baño caliente de sales a 400 °C (aproximadamente)
bc* = baño caliente de sales a 200 °C (aproximadamente)

con las debidas precauciones de precalentamientos, hasta llegar de forma uniforme a la temperatura de temple.

Cuarta cuestión

Propiedades comparativas para los diferentes aceros de herramientas de trabajo en frío, incluido nuestro 1.2379 y después de diferentes tratamientos con diferentes medios de enfriamiento. En nuestro caso para el temple hemos elegido el Nitrógeno a 4-5 Bars de presión positiva.

En números anteriores se publicaron diferentes curvas de austenización en Vacío del acero 1.2379 (Figs. 1 y 2) con el resultado correspondiente después del revenido, también en Vacío.

Quinta cuestión

En el próximo número de la revista plantearemos esta quinta y última cuestión con una aplicación práctica de elección de durezas, temperaturas y resultados de acuerdo con toda la información facilitada para la matriz en cuestión. Finalmente de forma esquemática se expondrá una propuesta de todo el proceso, desde el Diseño hasta el Mantenimiento del Utillaje.

Si tienen hasta entonces alguna aclaración, no duden en manifestarla directamente a la Revista.

Análisis elemental de muestras metálicas

Técnicas y soluciones

Por Instituto de Fundición TABIRA

A la hora de caracterizar la composición elemental de muestras, se necesitan técnicas analíticas fiables que satisfagan los distintos requisitos establecidos para un amplio abanico de campos de aplicación.

Estas técnicas analíticas han experimentado un desarrollo tecnológico importante, permitiendo cada vez de un modo más exacto la correcta identificación y cuantificación de compuestos, así como la determinación de la estructura y propiedades químicas de moléculas provenientes de distinta naturaleza, orgánica o inorgánica.

Dentro de dichos métodos, el análisis elemental es una técnica instrumental usada para determinar correctamente los porcentajes de Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno y Azufre en muestras de naturalezas diversas, estables e inestables, en estado sólido y líquido.

Cerca de 30 profesionales se unieron a la jornada de trabajo convocada por el Instituto de Fundición Tabira.

Las compañías LECO, IK4-AZTERLAN y el Instituto de Fundición TABIRA, organizaron un seminario en torno a estos aspectos, haciendo un compendio de análisis elementales y guiando a los asistentes desde la importancia en la toma de muestras, hasta la resolución de las distintas aplicaciones.

Tras la bienvenida inicial de José Javier González, Secretario General del INSTITUTO DE FUNDICIÓN TABIRA, se dio paso al inicio del programa. Javier García-Navas, Ingeniero de la compañía LECO, realizó una presentación titulada "Importancia del análisis de carbono y azufre en diferentes matrices metálicas".

Javier García-Navas (Ingeniero de LECO), introduciendo los temas técnicos de la jornada a los asistentes.

La ponencia se inició detallando cómo la determinación de carbono y azufre es fundamental para el análisis elemental de materiales inorgánicos como metales, minería, pulvimetalurgia, cementos y muchas aplicaciones

más, aunque la aplicación más importante es la medida de estos elementos en el acero. Se mostraron ciertos avances tecnológicos que permiten mejorar la velocidad y la precisión con la que se obtienen resultados.

A continuación, turno para una ponencia de Michael Jakob, Product Manager Europa de LECO, bajo el título "Importancia del análisis de oxígeno y nitrógeno en diferentes matrices metálicas".

El ponente abordó en este bloque la teoría y tecnología subyacente a la determinación de nitrógeno/oxígeno e hidrógeno, como una aplicación importante para el análisis elemental de productos inorgánicos como metales, cerámicas, semiconductores y otros. En comparación con el análisis de carbono y azufre, aquí se puede aplicar un entorno reductivo con temperaturas de hasta 3.000 °C. Se mostraron algunos ejemplos y problemas como la preparación de muestras o la eliminación de oxígeno superficial, así como una discusión sobre resultados analíticos. También se discutieron los resultados de una aplicación especial para la determinación más baja de oxígeno con un analizador dedicado.

El siguiente bloque, "Análisis de hidrógeno en diferentes materiales", mostró cómo debido a la naturaleza del hidrógeno, se pueden utilizar algunos analizadores especiales, como por ejemplo un analizador de horno de tubo para la extracción en caliente de hidrógeno en aceros, o un analizador de fusión de alta sensibilidad y crisoles especiales de gran volumen. Se mostró un ejemplo desde la industria del aluminio, con el que se detalló cómo se identifican los niveles más bajos de hidrógeno y el hidrógeno superficial en diferentes aleaciones de este material. Se discutió asimismo la preparación de muestras en cierto tipo de hornos.

Finalmente, se abordó una forma especial de espectrometría de emisión atómica, la "Espectrometría de descarga luminiscente para el análisis elemental". Además de ser una espectrometría de emisión óptica, este tipo especial de espectrómetros utilizan un proceso de pulverización para excitar los átomos de la muestra. Esto le da al operador muchas ventajas, como garantizar una baja emisión de energía, curvas de calibración más lineales y menos interferencias. Así que además de las mediciones de calidad estándar, también se pueden analizar láminas delgadas, pequeñas muestras y fundición gris. También se discutieron durante la ponencia algunos resultados de los análisis QDP (Serie 850).

Michael Jakob (Product Manager Europa de LECO), experto internacional que compartió sus conocimientos de análisis elemental con las empresas presentes.

Tras la sesión se organizó una visita al Laboratorio de Ensayos Químicos de IK4-AZTERLAN que, además de analizadores automáticos para el análisis elemental, cuenta con equipamiento y capacidades para el análisis químico avanzado de muestras metálicas.

A modo de resumen, las compañías asistentes pudieron profundizar con expertos internacionales su conocimiento sobre técnicas de análisis elemental de materiales inorgánicos, resolviendo numerosas dudas en torno a aplicaciones concretas y revisando las claves para que estos métodos analíticos puedan ser realizados de forma eficiente.

Desde la organización del acto, se agradece el esfuerzo y la colaboración de los técnicos de las distintas empresas y centros que han hecho posible la coordinación y materialización de este interesante espacio técnico de trabajo entre empresas.

Ponentes y organizadores del espacio técnico.

Organizadores y entidades/compañías colaboradoras:

16 socios del Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco HEGAN expusieron con gran éxito en la Feria Paris Air Show 2019

HEGAN participó a lo largo de la semana pasada en el Paris Air Show 2019 junto a sus socios EIBAR PRECISION CASTING, EKIN, KORTA, SATLANTIS, TECNALIA, WEC y WOLCO; y en estrecha colaboración con Basque Trade & Investment (Agencia Vasca de Internacionalización). Además de los socios mencionados que compartían stand agrupado con HEGAN, en el salón tomaron parte con sus propios stands los asociados ACITURRI, AERNNOVA, ALESTIS, ALTRAN, ARATZ y BURDINBERRI, BOST, HAUCK HEAT TREATMENT e ITP AERO, mostrando sus últimos desarrollos tecnológicos. Del mismo modo, una docena más de socios visitaron la Feria buscando oportunidades de colaboración y descubriendo las últimas novedades expuestas en esta feria.

Pedro Duque y Ana Villate.

Stand socios.

El París Air Show, más conocido como Le Bourget, es la feria dedicada a la Aeronáutica y el Espacio más importante del mundo, por lo que HEGAN no podía faltar a esta nueva edición. Desde la creación de esta Asociación en 1997, ésta ha sido su 10ª participación en el salón que ha resultado tanto para la Asociación como para sus Miembros altamente satisfactoria. Se han mantenido numerosos encuentros con potenciales colaboradores y clientes y, tras acabar esta intensa semana, se vislumbran muchas y nuevas oportunidades, ya que el Cluster ha sabido posicionarse en el mercado suministrando componentes y servicios avanzados a prácticamente todos los grandes clientes y programas mundiales.

El lunes 17 de junio se celebró el Día de Euskadi en el

Stand socios Aernnova.

stand del Cluster, donde se contó con la presencia del Viceconsejero de Industria del EJGV, Javier Zarraonandia y la Directora de Basque Trade & Investment, Ainhoa Ondarzabal. El Viceconsejero destacó que el sector es estratégico para nuestro País, ya que cuenta con unos altos niveles de inversión en I+D y tecnología, y genera empleo de calidad y de futuro. El martes, la Delegación del EJGV visitó a todos y cada uno de los socios de HEGAN presentes en la feria; un día intenso, donde se pudo comprobar el nivel sobresaliente de la industria y red de innovación vasca participantes en esta convención.

También merece destacarse la visita que realizó al stand de HEGAN Pedro Duque, Ministro de Ciencia, Innovación y Universidades, donde afirmó que el Gobierno tiene claro que uno de sus objetivos a futuro es elevar el nivel tecnológico del país, incrementar la inversión en I+D y fomentar la formación. Aseguró que estará detrás de las empresas aeroespaciales para promocionar la competitividad y tecnología de la industria española. Duque acudió al Pabellón de España en Le Bourget acompañado de una delegación del CDTI encabezada por su Director General, Javier Ponce.

Balance de la feria

El número total de ventas anunciadas en Le Bourget 2019 asciende a 861 aviones entre órdenes firmes, opciones y acuerdos de intenciones. 553 corresponden a aviones de pasillo único (el 64%), 62 a aeronaves de doble pasillo (7%), 93 a aparatos regionales (11%) y 153 son Turboprop (18%).

Entre los hitos de esta última edición de Le Bourget destaca el lanzamiento estrella del A321XLR de Airbus, un avión de pasillo único que permitirá a las aerolíneas servir rutas largas pero menos transitadas, lo que supone un menor coste de combustible y mayor eficiencia en sus operaciones. El nuevo modelo A321XLR completa la familia A321neo del fabricante europeo, y ha obtenido en el certamen 218 órdenes, entre pedidos firmes y opciones. Otro hito es la contratación de 98 aparatos del modelo A220, antes denominado Bombardier CSeries. Asimismo, el grupo IAG (International Airlines Group), formado por Iberia, British Airways, Vueling y Aer Lingus anunció la firma de una carta de intenciones con Boeing para la compra de 200 aviones de la familia 737.

Otro hecho relevante fue la firma en Le Bourget de la incorporación de España al proyecto FCAS, el futuro sistema de defensa europeo, que pretende reemplazar las actuales flotas de aviones de los miembros de este consorcio para 2040, y en el que la industria española participará con un 33% en el desarrollo de este programa, al igual que sus socios.

Ya en materia de motores aeronáuticos, el fabricante CFM International -Safran Aircraft Engines (Fr) y General Electric (EEUU)- batió records de pedidos al registrar contratos de 1.150 motores LEAP por un valor superior a 50.000 millones de dólares.

Para HEGAN y sus Socios, y en opinión de todos, ha sido un éxito en cuanto a participación, nivel de exposición, número de reuniones y encuentros, y aumento de ventanas de oportunidad; lo que significa que hay que seguir trabajando y desarrollando en el futuro más inmediato todos los nuevos contactos y mantener y desarrollar el nivel de competitividad, diversificación de cartera de clientes y posicionamiento en el mercado del que ya atesora el Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco.

Stand socios ITP.

Algunas consideraciones sobre los aceros de construcción mecánica destinados a la industria automovilística. Aceros de nitruración (Parte VI)

Por Manuel Antonio Martínez Baena, Ingeniero Metalúrgico

6. Introducción

La **nitruración** es un proceso termoquímico de endurecimiento superficial mediante la absorción y difusión del nitrógeno atómico (**N**) en el hierro alfa (**Fe**α). El nitrógeno combinado con el hierro y con otros aleoelementos, –**Al**; **Cr**; **Mo**; **V**; **Ti***; etc.– presentes en el acero, forma nitruros de muy alta dureza; mientras que los propios nitruros de hierro son, sustancialmente, más blandos. La temperatura del tratamiento está comprendida entre los 500 y 550 °C; temperatura que está situada muy por debajo de la del punto $\mathbf{A_1}$ (721 °C), que viene a ser el campo de solución sólida del carbono en el hierro alfa (**Fe**α); **figura 6.1.**

Según sea el proceso de nitruración aplicado al material, se lograrán diferentes profundidades de capa nitrurada. Esto es debido la naturaleza de la atmósfera que envuelve a las piezas durante su nitruración, ya que de acuerdo con el procedimiento de nitruración utilizado, se producirá la saturación del nitrógeno y la profundidad de capa en tiempos muy diferentes; **p.ej.**: (1) en la nitruración gaseosa ($\mathbf{NH_3}$), los tiempos de tratamiento son del orden de 40 a 80 horas; (2) en la nitruración en sales (**CN**), el tiempo máximo está comprendido entre ½ hora y 3 horas [30 ÷ 180 minutos]; eso sí, en la nitruración en sales, al ser tiempos más cortos, se obtienen profundidades válidas de capa sustancialmente mucho menores; **figuras 6.2** y **6.3.**

La nitruración, dentro de los tratamientos superficiales, ocupa un lugar muy destacado, ya que proporciona a la

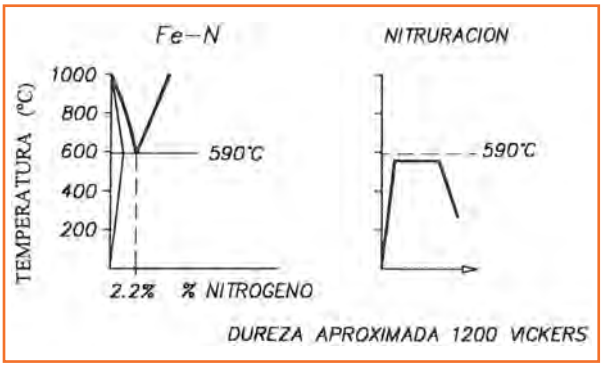


Figura 6.1. Esquema del proceso de nitruración.

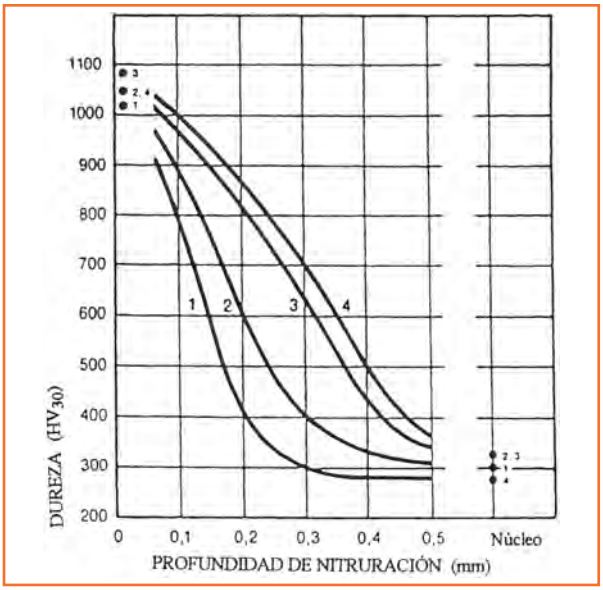


Figura 6.2. Influencia del tiempo sobre las curvas de profundidad y dureza de capa obtenida mediante nitruración gaseosa a temperatura de 530 °C. Acero **34CrAlMo5**. Curva 1 = 40 horas; curva 2 = 60 horas; curva 3 = 80 horas; curva 4 = 100 horas.

* El titanio (Ti) en el proceso de elaboración de los aceros finos de construcción e ingeniería se controla muy mucho por las dificultades, de todo tipo, que su presencia en los aceros en general: aunque sean contenidos muy pequeños, en tales aceros implica.

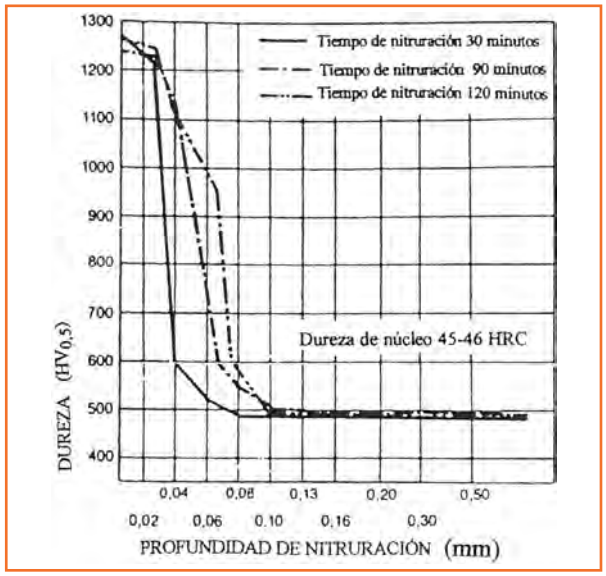


Figura 6.3. Influencia del tiempo sobre las curvas de profundidad y dureza de capa obtenida mediante nitruración en baño de sales a una temperatura de 570 °C. Acero **35CrMo4**.

capa superficial, de la pieza nitrurada, una gran dureza junto con otras propiedades de extraordinario interés, entre las que destacan: alta resistencia a la fatiga y una muy aceptable resistencia a la corrosión. Características éstas que se obtienen directamente en las piezas, sin necesidad de recurrir a ningún otro tratamiento térmico posterior como exige; **p.ej.**: la cementación = cementación + temple + revenido.

Con el tratamiento de nitruración se logra, en las piezas afectadas, una alta dureza superficial al mismo tiempo que una buena tenacidad y una excelente resistencia de núcleo, una importante resistencia a la fatiga, así como una excelente resistencia a la corrosión; **figura 6.4**.

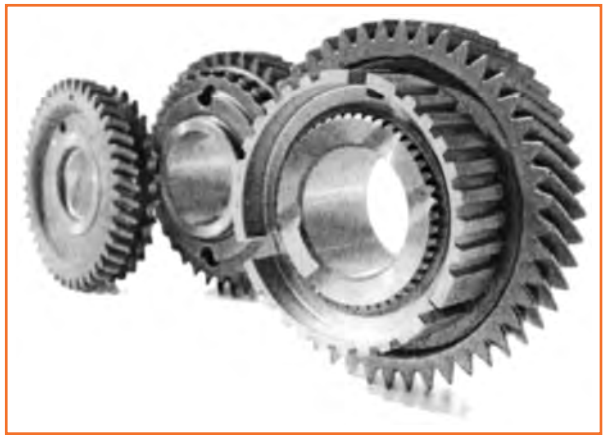


Figura 6.4. Coronas dentadas nitruradas, previo bonificado, fabricadas en acero **Cr-Mo-V** (**F-1721**), en las que se alcanza una alta dureza y tenacidad superficial, al mismo tiempo que se obtiene una elevada dureza de núcleo, una excelente resistencia a la fatiga y una muy importante resistencia a la corrosión.

La nitruración es, en la mayoría de las veces, la fase final en el proceso de fabricación de las piezas en general. Se lleva a cabo, preferentemente, después del tratamiento de **bonificado** –*temple a* 900 °C + *revenido alto* > 580 °C– y de los demás trabajos de acabado.

El metal se templa y se reviene, antes de ser nitrurado, por dos motivos principales que tienen una influencia muy significativa en la calidad de las piezas nitruradas: (1) conseguir las mejores características mecánicas de núcleo; y (2) alcanzar el mayor rendimiento de la capa nitrurada, logrando un buen sustrato –*con estructura de martensita revenida exenta de ferrita*– donde se asienta la capa nitrurada.

Los granos de ferrita de una superficie descarburada son, particularmente, muy frágiles; de ahí la máxima que más de una vez repetiremos: ...**¡***evitar a toda costa la descarburación en la superficie de las piezas que se han de nitrurar***!**... dado la importancia fundamental que tiene, en la nitruración de las piezas, la ausencia total de descarburación superficial.

La descarburación hay que eliminarla, en su totalidad, mediante un profundo mecanizado y/o rectificado; **figura 6.5**.

Figura 6.5. Esquema ilustrativo de las principales secuencias de mecanizado y tratamiento térmico [barras laminadas y productos forjados] de las piezas a nitrurar.

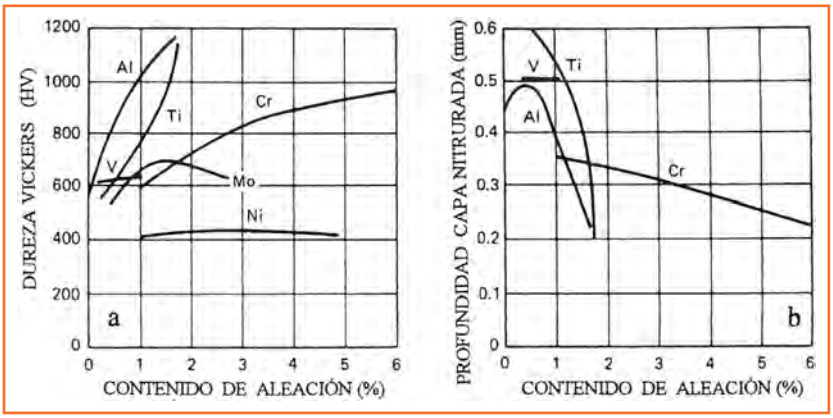


Figura 6.6. Influencia de los elementos de aleación: (**a**) sobre la dureza de la capa nitrurada; (**b**) sobre la profundidad de nitruración.

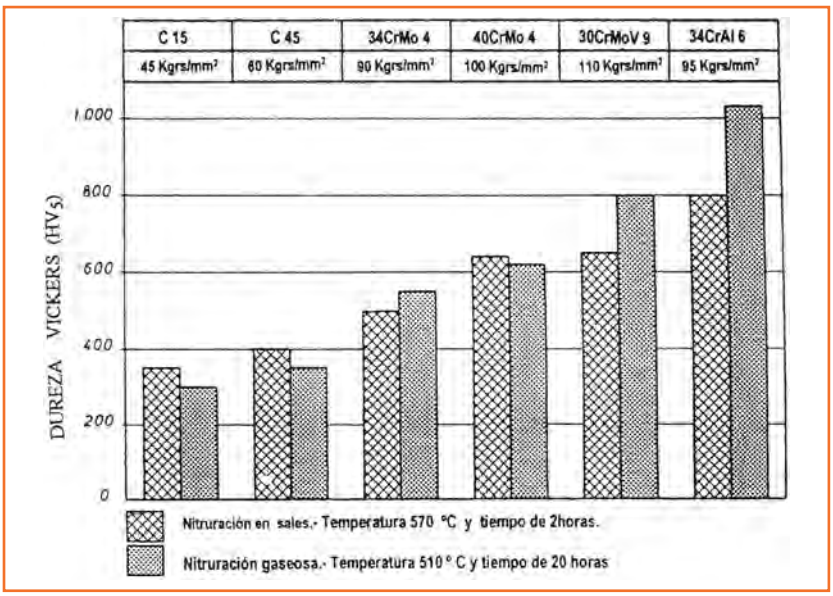


Figura 6.7. Influencia de la clase de acero frente al proceso de nitruración (Wiegand).

6.1. Aceros que se utilizan normalmente en nitruración

Por las características propias del tratamiento termoquímico de nitruración, numerosos aceros se prestan al aumento de su dureza superficial mediante la absorción de nitrógeno atómico a una cierta temperatura. Particularmente aquellos aceros aleados de construcción en los que entra, en su composición química, aleoelementos tales como: **aluminio** (Al), **cromo** (Cr), **molibdeno** (Mo), **vanadio** (V), etc. que estimulan la absorción de nitrógeno y se prestan mejor a obtener las máximas ventajas de la nitruración: dureza y profundidad de capa; **figuras 6.6** y **6.7**. Esta es la principal causa de que los aceros para nitruración sean, básicamente, aceros aleados de construcción.

Entre los elementos formadores de nitruros los más importantes, por orden de mayor a menor afinidad con el nitrógeno y aumento de la dureza, son: aluminio (**Al**), titanio (**Ti**), vanadio (**V**), cromo (**Cr**), molibdeno (**Mo**), manganeso (**Mn**), y el hierro (**Fe**).

El **níquel** (Ni) no forma nitruros, por lo que no sólo no contribuye al endurecimiento de la capa nitrurada sino que a ésta la perjudica. En la nitruración de los aceros aleados con níquel hay una disminución paulatina de la cantidad de nitrógeno de la capa nitrurada, conforme va aumentando el contenido de níquel en acero. El **carbono** (C), como es lógico, no forma compuestos con el nitrógeno, pero cuando se aumenta el contenido de carbono en el acero, se incrementa asimismo la concentración del nitrógeno en la superficie de las piezas nitruradas.

De los aleoelementos antes considerados, es el **aluminio** (**Al**) el que proporcionan la máxima dureza de capa, pero debe ir siempre acompañado de alguno de los otros elementos también formadores de nitruros, para evitar que las capas nitruradas sean demasiado frágiles.

El **cromo** (Cr) proporciona una dureza superficial inferior al aluminio, pero aumenta la profundidad de capa nitrurada e intensifica los efectos endurecedores del aluminio y el de tenacidad que facilita el molibdeno. El **molibdeno** (Mo) proporciona dureza a la capa nitrura-

da y una buena tenacidad, eliminando a su vez, el peligro de fragilidad que se suele presentar en algunos aceros aleados durante un largo tiempo, 40 a 60 horas, a la temperatura de nitruración [T^a = (530 ÷ 580 °C)]. Temperaturas éstas que están dentro de las temperaturas críticas en las que puede manifestarse la fragilidad de revenido, en aquellos aceros aleados que no contienen molibdeno (**Mo**).

Insistimos, pues, que al utilizar en la nitruración temperaturas próximas a los 570 °C, durante un periodo de tiempo significativamente largo, es muy necesario tener en cuenta la posible aparición de la **fragilidad de Krupp** o fragilidad de revenido, ya que los largos periodos de tiempo necesarios para alcanzar un determinado espesor de capa nitrurada [espesor = (0,20 ÷ 0,30 mm)], son muy propicios para que aparezca fragilidad en alguno de aquellos aceros sin molibdeno (**Mo**). Este fenómeno sólo se puede contrarrestar con la presencia del molibdeno (**Mo** ≈ 0,20%). Por esta circunstancia todos los aceros de nitruración llevan incorporados en su composición un contenido, relativamente alto, de molibdeno [**Mo** = (0,20 ÷ 1%)].

Finalmente, el **vanadio** proporciona una muy buena dureza de capa, ligeramente inferior a la que se alcanza con el aluminio, pero su característica más acusada es la de conseguir una mayor profundidad de nitruración, favoreciendo al mismo tiempo, el aumento de espesor de capa nitrurada; **tabla 6.I.**

En la **tabla 6.I** se indican los principales aceros utilizados en nitruración. Este grupo de aceros tiene un contenido de carbono que varía entre 0,25 y 0,40 por 100 [**C** = (0,25 ÷ 0,40%)]; carbono que, normalmente, viene fijado en función de las características mecánicas que se deseen conseguir en el núcleo de las piezas correspondientes, después de un temple + revenido alto.

Hay que advertir que, cuando el contenido de carbono es bajo (**C** < 0,25), la capa nitrurada quedará relativamente más frágil: mayor presencia de ferrita en la masa matricial obtenida en la pieza previamente templada, con baja dureza y resistencia del núcleo. Este inconveniente es propio de los aceros que tienen en su composición aluminio (**Al**); principalmente en aquellos productos forjados o barras laminadas de medianas y grandes secciones transversales.

El problema se incrementa con el temple de las piezas enfriadas en aceite –*aceros con aluminio* (**Al**) *que dificulta la templabilidad*– ya que se alcanzan unas más débiles durezas y resistencias de temple en el núcleo, frente a durezas y resistencias mayores de esas mismas piezas, igualmente templadas en el mismo medio de enfriamiento, pero fabricadas con aceros aleados de nitruración pero sin aluminio. A nuestro entender esto es debido al contenido de carbono en el acero –*con los más bajos niveles de carbono admisibles*– y, básicamente, al elemento aluminio (**Al**) ya considerado, que dificulta la templabilidad. Circunstancia que origina, en algunos casos, bajas resistencias de núcleo que a veces propician el hundimiento de la capa nitrurada, debido a las fuertes presiones que, habitualmente, tienen que soportar la mayoría de las piezas nitruradas en servicio.

Aceros de nitruración al Cr-Al-Mo (F-1740). Composición media (%)							
C	Mn	Si	P máx	S máx	Cr	Mo	Al
0.38	0.60	0.30	0.035	0.035	1.50	0.30	1.00
Aceros de nitruración al Cr-Al-Mo (F-1741). Composición media (%)							
C	Mn	Si	P máx	S máx	Cr	Mo	Al
0.34	0.60	0.30	0.035	0.035	1.15	0.20	1.00
Aceros de nitruración al Cr-Mo (F-1711). Composición media (%)							
C	Mn	Si	P máx	S máx	Cr	Mo	–
0.27	0.50	0.30	0.035	0.035	3.00	0.50	–
Aceros de nitruración al Cr-Mo (F-1712). Composición media (%)							
C	Mn	Si	P máx	S máx	Cr	Mo	–
0.30	0.50	0.30	0.035	0.035	3.00	0.40	–
Aceros de nitruración al Cr-Mo-V (F-1721). Composición media (%)							
C	Mn	Si	P máx	S máx	Cr	Mo	V
0.30	0.50	0.30	0.035	0.035	2.50	0.20	0.15

Tabla 6.I.

6.1.1. *Aceros Cr-Al-Mo*

Este grupo de aceros, ha sido el más utilizado en los primeros años del desarrollo de la nitruración con gas, cuando interesaba obtener durezas superficiales particularmente, muy elevadas. Las características mecánicas de núcleo no siempre son las mejores por ser éstos, como antes indicamos, aceros de baja y media templabilidad: penetración de temple media y baja.

En redondos mayores de **50 mm**, o secciones transversales equivalentes, es aconsejable templar en agua para obtener una aceptable penetración de temple. El temple en agua, como es sabido, ocasiona problemas muy graves de deformaciones y, también, potenciales grietas de temple.

Para aumentar la templabilidad, y con ello las características mecánicas en el núcleo de las piezas en ge-

neral, se juega con los contenidos de carbono (**C**), de cromo (**Cr**), de molibdeno (**Mo**), de vanadio (**V**), etc. A mayor carbono, mayor dureza de temple; el mayor o menor contenido de aleación nos ayudará, también, a alcanzar una mayor o menor penetración de temple: **templabilidad**. Es evidente, pues, que los aceros de nitruración con mayor templabilidad son los más adecuados para obtener, después del temple y de un revenido alto, las mejores propiedades mecánicas de núcleo: resistencia o carga de rotura, límite elástico, resiliencia y tenacidad, resistencia a la fatiga, etc.; pero, en la práctica, es evidente también que si no está presente en su composición el aluminio (**Al**), la dureza de la capa nitrurada baja sensiblemente (HV ≤ 850); ver **figuras 6.6** y **6.7**.

6.1.2. *Aceros* Cr-Mo

La dureza superficial de la capa nitrurada en piezas obtenidas con aceros de este grupo es inferior [HV = (600 ÷ 650)], si la comparamos con la dureza alcanzada en el resto de aceros para nitruración, pero su capa sí que es más tenaz.

El contenido de carbono del grupo está comprendido entre 0,25 y 0,30 por 100 [**C** = (0,25 ÷ 0,30%)], el cromo es aproximadamente el 3 por 100 (**Cr** ≃ 3%), y el molibdeno de 0,40 a 0,55 por 100 [**Mo** = (0,4 ÷ 0,55%)].

6.1.3. *Aceros* Cr-Mo-V

La dureza superficial de capa de las piezas nitruradas, fabricadas con los aceros de este grupo, varía entre los 800 y 850 HV aproximadamente, y la tenacidad de capa nitrurada es superior a la de otras piezas nitruradas fabricadas con aceros de alto aluminio (**Al** = 1%).

El contenido de cromo se sitúa en el 3 por 100 (**Cr** = 3%), el de molibdeno entre 0,40 y 1 por 100 [**Mo** = (0,40 ÷ 1,00%)], y el de vanadio sobre el 0,25 por 100 de media, [**V** = (0,20 ÷ 0,30)]. El alto contenido de cromo hace aumentar, ligeramente, la profundidad de capa nitrurada.

El empleo de aceros del grupo [**Cr-Mo-V**] está ampliamente justificado cuando las piezas a nitrurar tienen que presentar, debido a las altas solicitudes que tiene que soportar en servicio durante su trabajo mecánico, una capa nitrurada muy tenaz y, al mismo tiempo, una muy buena adherencia de capa-sustrato acero. Los aceros de herramientas y los aceros inoxidables no se consideran, en la práctica, aceros típicos de nitruración; sin embargo tanto los unos como los otros se nitruran igualmente, mejorando entonces muy mucho la resistencia al desgaste superficial y, al mismo tiempo, el coeficiente de rozamiento es también muy favorable.

6.2. Características principales de las piezas nitruradas

Para poder alcanzar una capa nitrurada correcta, el material de partida ha de estar bonificado, –*temple + revenido alto*– exento de defectos superficiales, y de descarburación. La presencia de ferrita libre en la superficie de las piezas descarburadas proporciona capas nitruradas defectuosas, frágiles y, por tanto, no deseables, ya que las capas con ferrita libre, como se ha indicado en párrafos anteriores, son altamente frágiles y muy propensas al desconchamiento.

La capa superficial dura, –*formada por difusión del nitrógeno atómico naciente*– junto con la dureza obtenida por la precipitación continua de nitruros muy dispersos, dan lugar a la mejora de las siguientes características y propiedades de capa:

- En piezas nitruradas, fabricadas con aceros que contienen aluminio, se obtienen durezas superficiales superiores a 1.000 Vickers; durezas sustancialmente superiores a las que se obtienen por otros métodos de endurecimiento superficial; **p.ej.** cementación y temples superficiales.

- Está ampliamente demostrado que las piezas nitruradas poseen una resistencia a la fatiga, particularmente alta cuando trabajan a flexión y/o a torsión. Esto es debido a las tensiones de compresión que se originan en la capa nitrurada.

- La capa nitrurada proporciona una alta resistencia a la corrosión: aire, vapor y agua.

- Se pueden calentar las piezas nitruradas a temperaturas muy próximas a 500 °C sin influenciar de forma peligrosa sobre la dureza superficial que, prácticamente, no disminuye. Circunstancia que no ocurre con otros tratamientos superficiales; **p.ej.** cementación, inducción, flameado, etc.

- Puesto que el tratamiento de nitruración se realiza a temperaturas comprendidas entre 530 y 550 °C, seguido de un enfriamiento lento complementario, no se producen apenas deformaciones ni tensiones, en las piezas nitruradas. Eso sí se puede producir, en algunos casos, un pequeñísimo ¨engorde¨ homogéneo; aumento de volumen máximo aproximado: siete por 100 (**7**%) del espesor de capa.

- Los aceros de nitruración, debido a sus altas características de tratamiento: dureza superficial, resistencia mecánica y tenacidad de núcleo; presentan una gran variedad de aplicaciones en la construcción de maquinaria en general, motores, máquinas-herramienta, etc. Principalmente en aquellos casos en que las piezas necesitan una elevada resistencia al desgaste junto con unas muy buenas características de funcionamiento y, particularmente, de fatiga.

6.3. Ventajas de la nitruración

Hacemos un resumen conciso y muy breve de las principales ventajas, características y propiedades de las piezas nitruradas:

6.3.1. *Alta dureza superficial*

Las piezas nitruradas pueden alcanzar elevadas durezas de capa [HV = (650 ÷ 1100)]; altas e importantes durezas que no se consiguen utilizando algún otro procedimiento de endurecimiento superficial clásico.

La capa nitrurada alcanza su máximo de dureza en las zonas muy próximas y subyacentes "tocando" a la superficie, a nivel aproximado entre 0,03 y 0,05 mm de la superficie. La dureza va decreciendo de forma gradual hacia el núcleo a medida que se aleja de la superficie.

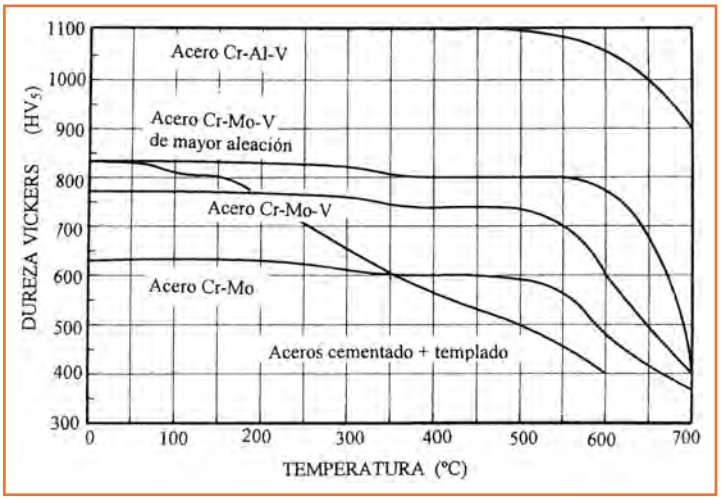


Figura 6.9. Dureza de la capa nitrurada de distintos aceros según el tiempo, más o menos largo, a distintas temperaturas de ensayo.

Se puede variar la dureza de capa nitrurada, dentro de ciertos límites, eligiendo un tipo de acero determinado, ya que los elementos de aleación, como se ha indicado anteriormente, influyen de una manera decisiva en la dureza de la capa nitrurada; **figura 6.8.**

Por esta regla, los aceros aleados con alto aluminio (**Al** = 1,00%) alcanzan la máxima dureza de capa nitrurada, mientras que en los aceros aleados con cromo y molibdeno [**3%Cr**; **0,45%Mo**] la dureza conseguida es sustancialmente menor, pero proporcionan, asimismo, mayor tenacidad de capa.

6.3.2. *Dureza a alta temperatura*

Las superficies nitruradas tienen la propiedad y la ventaja de no perder su dureza original hasta temperaturas próximas a 500 °C –**figura 6.9**–, sea cual fuere el tiempo de permanencia a tan alta temperatura. Hecho que tiene particular aplicación en aquellos componentes mecánicos y piezas de centrales térmicas, que están expuestos al vapor sobrecalentado; propiedad que es aprovechada, también, en aquellas piezas y órganos de máquina en los que puede presentarse, por accidente previo, sobrecalentamientos intensos por falta de lubricación.

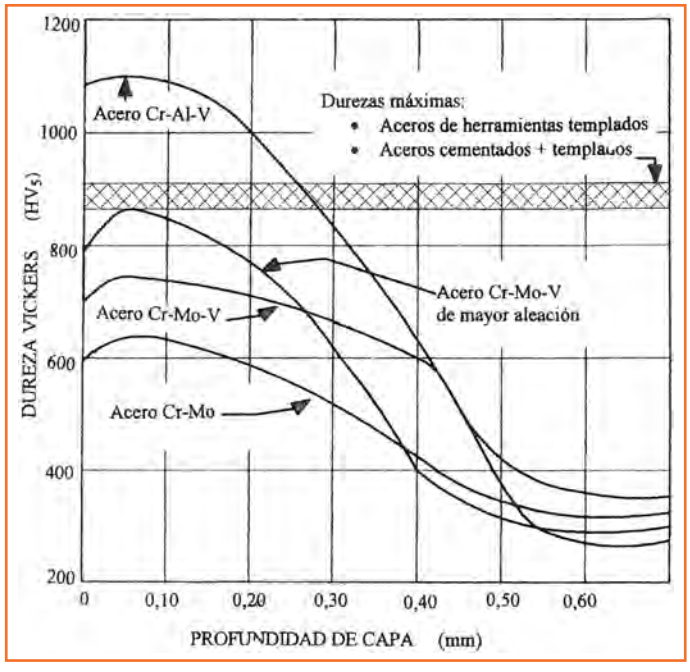


Figura 6.8. Durezas de capas nitrurada según la composición del acero.

6.3.3. *Resistencia a la corrosión*

Las piezas nitruradas resisten mejor la acción corrosiva –*agua dulce* y *agua salada*, *vapor de agua* y *atmósferas húmedas*– mejor que sus homólogas no nitruradas. Circunstancia por la cual el tratamiento termoquímico de nitruración se utilizada en la fabricación de aquellas piezas que deben sufrir, entre otras cosas, la acción de ciertos agentes corrosivos; **p.ej.**: (1) válvulas utilizadas en los conductos de agua, gas y vapor; (2) ejes de bombas para agua que exigen, simultáneamente, una buena resistencia al desgaste y, al mismo tiempo, una buena resistencia a la corrosión; etc.

6.3.4. *Resistencia a la fatiga*

Las piezas nitruradas presentan una muy buena resistencia a la fatiga como consecuencia de las tensiones de compresión que sufren las capas más externas de la superficie nitrurada, anulando asimismo y por tal motivo, la sensibilidad al efec-

to de entalla; *–rayas* y *otros defectos superficiales–* siempre que los defectos habidos tengan menor profundidad que el espesor de capa nitrurada. El aumento de la resistencia a la fatiga se pone de manifiesto, preferentemente, en los trabajos de fatiga a flexión y a torsión, ya que los límites de fatiga suelen incrementarse entre 100 y 200 MPa.

6.3.5. *Deformaciones* y *distorsiones*

La ausencia, prácticamente, de deformaciones y distorsiones en las piezas nitruradas es otra de las ventajas de la nitruración, ya que a la temperatura que se realiza aquélla no hay cambios de fase.

Las deformaciones y distorsiones son muy propensas a los cambios bruscos de temperatura *–cambios de fase*; caso que ocurre con frecuencia en el temple del acero, ya que influye muy mucho la alta temperatura de temple, así como el enfriamiento final de temple.

En la pieza nitrurada sólo aparece un pequeñísimo aumento, ¨engorde¨ homogéneo, en la capa *–aprox.* 7 *por* 100 (**7**%) *del espesor de capa–*; influyendo muy mucho en ello la forma de la pieza y su estructura original, es decir, antes de ser nitrurada.

La estructura de bonificado, martensita revenida exenta de ferrita, proporciona las mínimas dilataciones superficiales; en cambio, la presencia de ferrita libre y de descarburación da lugar a dilataciones anormales.

6.3.6. *Resistencia al desgaste*

La resistencia al desgaste de la superficie de las piezas nitruradas es, como ya se ha indicado, superior al de las superficies de las piezas cementadas y al de las templadas por inducción, flameado o por láser.

El coeficiente de rozamiento es asimismo inferior y, por tanto, muy favorable también en toda capa superficial que tenga que resistir desgaste; factor aquél circunstancial que aminora, en gran medida, la adherencia o agarre de las eventuales partículas desprendidas de las piezas, cuando éstas trabajan a roce o fricción.

tenova 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

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

INGENIERÍA DE REFRACTARIOS Y COMBUSTIÓN
Compromiso y fiabilidad
DEGUISA
www.deguisa.com

TECRESA®
TECNICAS DE REFRACTARIOS, S.A.U.
A member of the STEULER Group
EMPRESA LIDER EN MONTAJE, SUMINISTRO, MANTENIMIENTO Y SUPERVISION DE REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS
Revestimientos Refractarios Industriales
Pavimentos Industriales – Protección de Superficies
Reparación y Refuerzo Estructural – Protección Pasiva contra Incendios
Ingeniería de Revestimientos Refractarios - Estudios de Eficiencia Energética
CENTRAL
Ribera de Zorrozaurre 15, 2º
Tf: +34 902 11 89 47 Fax: +34 944 48 37 32
48014 BILBAO
www.tecresa.com · tecresa@tecresa.com
DELEGACIONES
Asturias
Andalucia
Galicia
Cantabria

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 technology
Guitard 72 baixos, E-08014 Barcelona
Tel. (+34) 93 410 54 54, Fax (+34) 93 419 97 33
www.entesis.net · e-mail:info@entesis.net

APLITEC
Utillaje tipo mecano, cestas, tubos radiantes
Fundición acero inoxidable refractario
CFC
CODERE SA
Utillaje forming
ECONOX SB
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

Fabricamos hornos y estufas industriales
Modelos stándars y especiales
tecno piro®
www.tecnopiro.com
Hornos del Vallés, S.A
Barcelona (Spain)
T/ 936 926 612 - 606 134 562
hdv@tecnopiro.com

PROYCOTECME
HORNOS INDUSTRIALES
Especialistas en tratamiento térmico
SOLO
Borel Special Furnaces
HORNOS VERTICALES, TRANSFER Y CONTINUOS
HORNOS Y ESTUFAS
PANELES DE GASES
PANELES DE CONTROL Y SUPERVISIÓN
CONSUMIBLES Y CALDERERÍA
CONSUMIBLES FUNDICIÓN
Ipsen
Tel: +34 938 467 984
www.proycotecme.com
proycotecme@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

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

alju

- Granalladoras.
- Instalaciones de chorreado manual y automático.
- Líneas de granallado y pintado.
- Filtros de aspiración.
- Piezas y calderería antidesgaste.
- Esmeriladoras pendulares.

FABRICANTES CON INGENIERÍA PROPIA

Teléf.: +34 944 920 111 • e-mail: alju@alju.es • www.alju.es

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.*

CRONITE

Better by design

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

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

ERVIN

The World Standard for Quality

Ervin es el fabricante especialista en granalla de Acero y Granalla de Acero inoxidable.
No sólo ofrecemos la mejor calidad de granalla del mercado, sino también un excelente servicio técnico.

- **Máxima productividad, mínimo coste**
- **Desgaste reducido**
- **Reducción del polvo y de la eliminación de residuos**

Por favor, póngase en contacto con el Sr. Manuel Forn:
M +34 628 531 487 mforn@ervin.eu www.ervin.eu

- 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 1
48170 Zamudio (Vizcaya)
Teléf.: 944 710 035 - Fax: 944 710 227
tecnymat@tecnymat.com

SOLO Switzerland
Hornos industriales para el tratamiento térmico
www.soloswiss.es

SOLO Swiss SA
email : mail@soloswiss.com - tel. : +34 656 878 067

Ipsen
www.Ipsen.de

Your Total Solutions Provider

Borel
Standard Furnaces & Ovens
Switzerland
Hornos industriales y estufas
www.borel-hornos.com

Borel Swiss SA
email : borel@soloswiss.com - tel. : +34 656 878 067

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
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

Termopares especiales
calibraciones ENAC
automatización de procesos
Reguladores
Video-Registradores
pirometro infrarrojo
calibración hornos de vacio
experiencia
desde -200 a 2400ºC
Termopares
SCI Suministro y Calibracion Industrial s.l.
www.sciempresa.com
sondas pt-100
instrumentación
servicio técnico
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
Furnaces & Refractories
Etxerre Kaminoa 21 \
48970 Basauri \
Bizkaia \ Spain
Tel.: +34 - 944 409 420
Fax: +34 - 944 496 624
email: insertec@insertec.biz
www.insertec.biz

Generación económica para un Vacío óptimo
Busch Ibérica S.A.
+34 (0)93 861 61 60
busch@buschiberica.es
www.buschiberica.es
BUSCH
Bombas y Sistemas de Vacío

AMETEK
MATERIALS ANALYSIS DIVISION
Analizadores Estacionarios de Metales
La solución integral para sus necesidades de análisis de metales
SPECTROLAB
Máximas prestaciones para la siguiente generación de analizadores de metal
SPECTROMAXx
El Analizador de Metales Preferido
SPECTROCHECK
Las máximas prestaciones y fiabilidad al precio más bajo posible
Visítenos en:
MetalMadrid – 27 y 28 de Noviembre – Stand D40
¡Celebramos 40 años!
SPECTRO 40 YEARS
944 710 401 • comercial@spectro.es

INDICE de ANUNCIANTES

3D ADDITIVE EXPO	21	HOT	19
ACEMSA	48	INSERTEC	49
ALJU	48	INTERBIL	5
APLITEC	47	IPSEN	PORTADA
ARROLA	7	LIBROS DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS	32 y 33
B.M.I.	47	METALMADRID	Interior PORTADA
BAUTERMIC	46	ONDARLAN	9
BOREL SWISS	49	PROYCOTECME	47
BUSCH	49	REVISTAS TÉCNICAS	Interior CONTRAPORTADA
CRONITE	17	SOLO SWISS	49
DEGUISA	47	SPECTRO	49
ENTESIS	47	SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN	13
ERVIN AMASTEEL	23	TECNYMAT	25
FLEXINOX	47	TECRESA	47
GRUPO PIROVAL	46	TRATER DAY	15
HEA	CONTRAPORTADA	WHEELABRATOR	48
HORNOS DEL VALLÉS	47		

Próximo número

NOVIEMBRE

Nº Especial **METALMADRID** (Madrid).

Hornos de inducción. Quemadores. Estufas. Secaderos. Hornos para tratamiento térmico del aluminio y aleaciones ligeras. Aceros para herramientas, fundiciones y moldes. Construcción de herramientas. Medidas. Control no destructivo, temperatura, dureza.

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

PEDECA Press Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

C/ Goya, 20. 1º. • 28001 MADRID • Telf.: 91 781 77 76 • pedeca@pedeca.es • www.pedeca.es

HORNOS A GAS DE ALTA HOMOGENEIDAD

HEA
SINCE 1945

HORNOS INDUSTRIALES

www.alferieff.com • hea@hornoshea.com
Telfféfono: +34 91 639 69 11