Hornos
Laboratorio e industriales

Quemadores
recuperativos y regenerativos

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

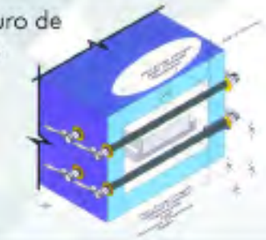
AEG
Power supply systems

Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic

Sonda Lambda

Carburo de Silicio



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

MoSi2 (Hasta 1800ºC)

interbil

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

www.interbil.es

TRATER PRESS

SEPTIEMBRE 2009 • Nº 12

TRATER Press

SEPTIEMBRE 2009 • Nº 12

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

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

HORNOS ALFERIEFF

CONSTRUYENDO FUTURO

contabiliza la construcción

de más de 1100 hornos,

por ello, contamos hoy

con una renombrada

experiencia en el campo

de los hornos industriales.

DISEÑANDO Y FABRICANDO
HORNOS Y ESTÚFAS INDUSTRIALES
DESDE 1945

HORNOS ALFERIEFF®

Avda. Reyes Católicos, 2- 1ºB · 28220 Majadahonda (Madrid) · Tel: +34 91 639 69 11 · Fax: +34 91 639 48 18 · Email: hornos@alferieff.com
www.alferieff.com

IDINOVA

FERIA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

2009

En IDINOVA encontrará nuevas tecnologías y lo último en soluciones I+D+i orientadas al desarrollo de nuevos productos y servicios.

Coincidiendo con:

3 al 6 de noviembre

FERIA VALENCIA

www.feriavalencia.com · feriavalencia@feriavalencia.com

tel.: (0034) 902 74 73 30 · fax: (0034) 902 74 73 45

INFORMACIÓN DE CALIDAD

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

6 NÚMEROS ANUALES

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

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

5 NÚMEROS ANUALES

65 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

9 NÚMEROS ANUALES

115 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

6 NÚMEROS ANUALES

90 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

PEDECA Press Publicaciones

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

www.pedeca.es

Nuestra Portada

HEA es el logo de HORNOS ALFERIEFF, Marca Registrada de la ingeniería dedicada desde 1945 al diseño y construcción de Hornos Industriales y Estufas Industriales e Instalaciones Térmicas llave en mano.
En la larga trayectoria se han construido más de 1.000 instalaciones únicas, en España, Europa y América.
Los sectores principales son: Aeronáutica, Naval, Defensa, Tratamientos Térmicos, Fabricantes de Máquinas Eléctricas, Industria Pesada.
En estos momentos afronta un proyecto de expansión.
Visite nuestra NUEVA WEB: www.alferieff.com

HEA is the logo of HORNOS ALFERIEFF, trade mark of the engineering company designing and manufacturing Industrial Furnaces and Ovens, and specialized in INDUSTRIAL HEATING.
More than 1.000 unique units have been manufactured in the long company life in Spain and also in Europe and America.
Our customers are in Aeronautic, Naval and Defence Industries, Heat Treatment, Manufacturers of Electrical Machinery, Heavy Industry.
The company is developping an expansion project.
Visit our new website: www.alferieff.com

Sumario • Septiembre 2009 - Nº 12

Editorial 2

Noticias 4

AFC-HOLCROFT recibe pedido de GRAN HORNO • NUEVO ZFV Multi-inspección... • Nuevo catálogo • Hornos Industriales INPE • Jornada sobre Limpieza Industrial • Nuevo interface Ethernet para sus PLCs compactos CP1 • Medición y de detección de gases ATEX • Testo calibra cámaras termográficas.

Artículos

- Fórum de Arcas - *Por Juan Martínez Arcas* 10
- Quemadores recuperativos y regenerativos con llama o FLOX - *Por Jon Barañano* 12
- Controlador de válvula Emerson DVC6000 14
- Diferentes tipos de hornos y estufas que se emplean en la industria 16
- 10 medidas anticrisis - *Por Confemetal* 18
- Una experiencia de éxito: Colaboración en horno de recocido - *Por James Feese y Felix Lisin, traducido y adaptado por David Agustí* 20
- Algunas consideraciones sobre los aceros al boro para tornillería con 1% de cromo - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz* (†) 24
- Datos tecnológicos y orientaciones. Aceros y tratamientos térmicos. Prontuario metalotécnico. Fundamentos (Parte 1) - *Por Baltasar Martínez Arcas* 31
- Proveedores de Tratamientos Térmicos 36

Oferta 43

Guía de compras 44

Indice de Anunciantes 48

Director: Antonio Pérez de Camino
Publicidad: Ana Tocino
Administración y Suscripciones: Carolina Abuin

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

ISSN: 1888-4423 - Depósito legal: M-53065-2007

Diseño y Maquetación: **José González Otero**
Creatividad: **Víctor J. Ruiz** • Impresión: **VILLENA**

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.

Editorial

Seguimos adelante

No tan optimistas como oímos en los medios de comunicación, pero sí paso a paso como oímos en el sector. De momento seguimos adelante y cada vez con más fuerza y ganas ¡que no falten!

Somos la única revista española de Tratamientos Térmicos que estará presente en IDINOVA (Valencia) y Congreso de la Fundición Ibérica (Oporto). Distribuiremos gratuitamente ejemplares de este número de septiembre a los asistentes a dichos eventos.

También y con mucho esfuerzo, hemos logrado reunir un listado muy completo con 130 compañías proveedoras del sector. Agradecemos a todos su colaboración para que haya sido posible y sepan disculpar nuestra insistencia en algunos casos. Como pueden comprobar ha merecido la pena.

Nadie da más por menos y en momentos como los actuales, cualquier contacto nuevo puede ser de suma importancia. Por tanto es interesante ahora "invertir" en publicidad y dar a conocer toda la gama de productos.

Anunciantes y lectores de este número aprovechan la ocasión que le brindamos en la revista TRATER Press, para estar al corriente de toda la actualidad industrial ahora que cada vez quedan menos medios de promoción en el sector.

Reserve su publicidad en pedeca@pedeca.es o en el Tel. 917 817 776.

Nos vemos en estos eventos.

Antonio Pérez de Camino

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

AFC-HOLCROFT recibe pedido de GRAN HORNO

AFC-Holcroft, uno de los mayores fabricantes de equipos de tratamientos térmicos industriales en el mundo, ha anunciado que ha recibido un pedido desde un suministrador de los servicios militares del gobierno de los EEUU .

La orden es para un HORNO DE SOLERA MOVIL para esferoidización con una capacidad neta de carga de 114 toneladas.

AFC-Holcroft tiene mas de 90 años de experiencia en procesos térmicos. La compañía fabrica sistemas de tratamientos térmicos "llave en mano" para todo tipo de aplicaciones: tratamientos térmicos comerciales, cojinetes, automoción, sector aeroespacial, militar, tratamientos térmicos del aluminio, sistemas de transmisión, fabricantes sistemas de fijación e industrias de energías alternativas.

AFC-Holcroft es uno de los fabricantes más grandes del mundo de hornos de tratamientos térmicos. La compañía tiene un alcance global, con organizaciones es EEU, China, Argentina, Brasil, Australia, India, México, Italia, España y Corea, incluyendo medios de fabricación en muchos de estos países.

Info 1

NUEVO ZFV Multi-inspección...

Ya no hay pretextos para garantizar fáciles controles de calidad gracias a los sensores de visión artificial ZFV de Omron.

La serie ZFV Color incorpora ahora modelos con la función

multi-inspección mediante la cual, y realizando un cambio automático de banco, se pueden realizar hasta 8 inspecciones diferentes con un mismo disparo.

Por lo demás, el nuevo ZFV Color multi-inspección ofrece también las formidables prestaciones de sus predecesores:

- Utilización de hasta 4 tipos de cámara diferentes con un campo de visión máximo (FVO) de 150 mm. Todas ellas con luz blanca y, opcionalmente, iluminación externa adicional.
- Interfaz de usuario inteligente formado por un monitor LCD en color de 1,8" y botones para la configuración de parámetros a través de un sencillo menú de iconos.
- Lectura en tiempo real de resultados e imágenes.
- Rápido ajuste de las condiciones de trabajo e iluminación mediante sencillos pasos de configuración y un único toque sobre el botón de teach ("Pulsar y listo").

Gracias a este potente y funcional sensor de inspección y visión artificial, los controles de calidad industriales son más sencillos y accesibles.

Info 2

Nuevo catálogo

BAUTERMIC, S.A. presenta un catálogo que resume su gama de fabricados. En el mismo se incluyen los diferentes tipos de máquinas para TRATAMIENTO DE SUPERFICIES, DESENGRASE, FOSFATADO, PASIVADO, DECAPADO, INSTALACIONES DE PINTURA, etc...

Así como HORNOS y ESTUFAS para todo tipo de Calentamientos diversos, Secado, Polimerizado, Fusión de metales, Tratamientos térmicos, Deshidrogenado, etc... Con sistemas de calentamiento eléctrico o a combustión, en versiones automáticas y manuales, tipo estático, continuo ... hasta 1.250 °C.

Todo este tipo de máquinas se estudian y adaptan a las necesidades específicas de producción y emplazamiento de cada cliente, ofreciendo sin cargo el presupuesto más adecuado.

Info 3

Hornos Industriales INPE

La empresa INPE, S.L. (Ingeniería y Proyectos Energéticos, S.L.) es una ingeniería dedicada a proyectos, construcción, montaje y puesta en servicio, llave en mano, de hornos industriales para el sector sidero-metalúrgico,

El TITAN viene a Bilbao ¿Viene usted también?

En el Heat Treatment Workshop de Ipsen celebrado los pasados 7 y 8 de mayo sobre la terrazas del Rin en Düsseldorf (Alemania) tuvo su presentación mundial: **El nuevo horno de vacío compacto TITAN de Ipsen.**
Es la nueva herramienta universal para los talleres de tratamiento térmico y para todas las empresas y centros de investigación que desean realizar tratamientos térmicos ellos mismos o cubrir nuevas áreas de negocio. Su relación calidad-precio es cerca de un 30% mayor que la de hornos comparables.
Y no tiene que comprarlo. Puede alquilárnoslo y conservar su capital de inversiones.
No sólo es extremadamente fácil de manejar y se instala en un solo día de trabajo, sino que también puede desplazarse gracias a sus ruedas. Por eso viene el 17 de noviembre de 2009 al Museo Marítimo de Bilbao como parte de la gira **TITAN Roadshow Tour**.
Si Usted desea más información sobre el lugar y fecha para este evento único, póngase en contacto con nosotros:

IPSEN International GmbH
Marcos Garcia Jimenez
49 28 21 804-518
Marcos.Garcia@ipsen.de

IPSEN Roadshow
17 de noviembre de 2009
en el Museo Marítimo
BILBAO

La visita merece la pena aunque de momento no tenga previsto adquirir nuevos equipos. Tómese algo de tiempo para informarse a fondo sobre las posibilidades que le ofrece este horno de cambiar su posicionamiento en el mercado en el futuro. Durante el día tendrá a su disposición un pequeño puesto con snacks y bebidas. Estaríamos encantados de poder recibirle en noviembre y de hablar de las posibilidades de aplicación del TITAN que puedan ser de interés para usted.

con gran experiencia en hornos contínuos, semi-contínuos, y estáticos, con calentamiento eléctrico y a gas.

INPE, S.L. posee una gran experiencia y amplia tecnología, con el asesoramiento de personas con una prolongada trayectoria profesional, habiendo realizado un importante número de instalaciones en PYRSA en Monrreal del Campo, así como otras instalaciones en importantes empresas tales como: G.S.B. Forja (Legazpia), G.S.B Galfor (Ourense), Forjanor (Collado Villalba), Funverra (Vera de Bidasoa), Babcock & Wilcox (Sestao), Forjas de Basauri (Basauri), etc.

Ofrecen sus servicios, aportando tecnologías actualizadas y una gran experiencia para poderles resolver cualquier problema de calentamiento y tratamientos térmicos dentro de su programa de fabricación.

Info 4

Jornada sobre Limpieza Industrial

Dow Chemical y su filial SAFECHEM, especializada en el desarrollo de usos seguros e innovadores para disolventes, celebran una Mesa Redonda bajo el título "Soluciones Sostenibles en la Limpieza Industrial" en Barcelona el martes, 6 de octubre de 2009, en el Hotel Hilton Barcelona.

Cuentan con representantes de diversas empresas de distribución de productos químicos, de gestores de residuos con capacidad de recuperacion de disolventes, de fabricantes de equipos de desengrase, de asociaciones sectoriales así como de las Comunidades Autónomas, tanto de la parte riesgos laborales como de Medio Ambiente.

El objetivo de la Jornada es entablar un debate entre las distintas partes involucradas en los procesos de desengrase, y conocer y compartir experiencias y opiniones para intentar encontrar puntos de encuentro comunes. Estas posiciones de consenso pueden permitir promover iniciativas conjuntas tendentes a una mejora sostenible en el ámbito de la Limpieza Industrial.

Se debatirán los siguientes puntos:

- Situación actual del mercado de la limpieza con disolventes.
- Soluciones para el futuro con una adecuada gestión del riesgo: disolventes clorados, alcoholes modificados y modelos de negocio innovadores.
- Tecnologías disponibles: máquinas y disolventes.
- Compromiso de futuro con los disolventes clorados: gestión del riesgo, REACH, compromiso voluntario de la industria relativo al Tricloroetileno, ...

Info 5

Nuevo interface Ethernet para sus PLCs compactos CP1

Con el reciente lanzamiento al mercado del nuevo interface opcional de comunicaciones para Ethernet CP1W-CIF41, la familia de autómatas programables CP1 de Omron, que ofrece CPUs de tipo CP1L con modelos que van desde los 10 puntos hasta los 60 puntos de E/S, y el autómata programable CP1H conocido como el compacto TODO-EN-UNO por las características tan particulares que le equiparan a PLCs de gamas superiores. Así, se refuerza y aumenta su versatilidad para ofrecer con este módulo la posibilidad de integrar cualquiera de los PLC's mencionados en una red Ethernet con las siguientes características principales:

Monitorización y programación, Conexión directa en Ethernet con terminales NS, Posibilidad de intercambio de datos de forma flexible entre PLCs. Hasta 254 nodos en la misma red, Protección de datos para comunicaciones, Web-server integrado para una configuración más sencilla y rápida, etc.

La variedad de interfaces opcionales de bajo coste que a partir de ahora se encuentran disponibles para CP1L y CP1H, claramente aumentan las posibilidades de comunicar o integrar este PLC en una gran variedad de aplicaciones distintas ocupando, además,

SUBASTA ONLINE

Por próximo cierre de la planta **VALEO SISTEMAS DE SEGURIDAD Y CIERRE, S.A.**
en Olesa de Montserrat (Barcelona)

Subasta Online

Maquinaria para Fundición de Zamak, Mecanizado, Montaje y Matricería

Todas las máquinas están en funcionamiento hasta Octubre de 2009
y han tenido un excelente mantenimiento.

La subasta comienza: 13 de Octubre 2009 · Finaliza: 29 Octubre 2009 a las 15:00
Inspección de la maquinaria: Con cita previa

Algunos de los activos a la venta:
Máquinas de fundición cámara caliente para ZINC FRECH DAW-20, FRECH DAW-40 y recambios; Granalladora ALJU ALJUBAN 199, Equipos de laboratorio, Centro de mecanizado EMCO CONCEPT MILL 105. Electroerosión hilo AGIE KOPF 20 y KOPF 10, Refrigeradores CLIMAVENETA HRAN/HT 0604, Climatizadores KOOLCLIMA NB 5, Grua de brazo y Transpalets BOLZONI.

FERBOSSA INDUSTRIACTIVA
www.ferbossa-industriactiva.com

Información y ventas:
FERBOSSA INDUSTRIACTIVA
Contacto:
Elia Alés
Tel. 687 954 905
email: elia.ales@ferbossa-industriactiva.com

el menor espacio, con la mejor funcionalidad y al mejor precio.

Por otro lado, y para terminar, cabe decir que poder tener un CP1 conectado a una red Ethernet permite ampliar las posibilidad de acceder remotamente a los equipos con tecnologías de banda ancha que dan mayores velocidades de acceso, tanto para la programación como la monitorización de los mismos, permitiendo reducir drásticamente los costes de operación de este tipo de soluciones.

Info 6

Medición y de detección de gases ATEX

Iberfluid Instruments pone a disposición de sus clientes la nueva serie iGAS100, la cual ha sido diseñada como una solución precisa y efectiva para la medición y detección de gases. El equipo incorpora diferentes tecnologías en el elemento sensor, para poder así cubrir un amplio rango de aplicaciones. La unidad electrónica basada en microprocesador provee una señal de salida estable tanto analógica (4-20 mA) como digital así como relés de alarma.

El dispositivo dispone de certificación ATEX (II 2 GD EEx d IIC T6 Ex tD A21 IP68 T85 °C) y un alto rating de protección de su carcasa (IP68). De reducidas dimensiones: 110 mm. de diámetro y 127 mm. de altura (faltaría añadir el detector específico), dispone de display opcional para la visualización de la variable seleccionada.

Para instalaciones que requieran una cantidad elevada de sensores, la comunicación digital del iGAS100 se puede integrar al controlador iGAS700 formando un sistema de altas prestaciones sin la necesidad de utilizar barreras de seguridad y pudiendo precalibrar los sensores antes de su instalación.

El sensor que incorpora el equipo utiliza diferentes tecnologías en función de los gases a detectar. Las "Fuel Cell" son utilizadas habitualmente para la detección y medición de compuestos inorgánicos tales como oxígeno (O2), sulfuro de hidrógeno (SH2), cloruro de hidrógeno (HCl) y otros (NO2, SO2, CL2, etc). Otras tecnologías disponibles para el mismo equipo son los pellistor, infrarrojos o inflamables.

El controlador iGAS700 permite la conexión de hasta 16 sensores mediante señal analógica de entrada (4-20 mA) y hasta 64 mediante comunicación digital. Junto con la interface MODBUS, el equipo dispone de salidas de relé configurables como alarmas visuales y acústicas.

Info 7

Testo calibra cámaras termográficas

El laboratorio de calibración de Instrumentos testo S.A, cuenta con más de 10 años de experiencia en la realización de certificados trazables de parámetros como temperatura, humedad, velocidad del aire, presión y rpm. Adicionalmente, Testo también está acreditado

por ENAC para la calibración de analizadores de productos de la combustión con medición de O2 y CO, complementándose con la realización de certificados trazables para los gases CO2, NO, NO2, SO2 y H2S.

Desde este mes de septiembre, el laboratorio de Instrumentos Testo, para dar un mejor servicio a sus clientes de su cámara testo 880, así como de otros fabricantes, incorpora la calibración de una nueva variable: temperatura sin contacto para cámaras termográficas. La calibración se ofrece en el rango de 0 a +350 °C, con la posibilidad de escoger los puntos específicos de temperatura o repartidos en el rango de medición.

Al realizarse en España, no es necesario esperar largos plazos de entrega ya que el tiempo de calibración se acorta considerablemente, y se convierte en una opción muy interesante para todos los poseedores de una cámara termográfica que tengan un plan de calibración específico, quieran cumplir alguna normativa o no puedan prescindir del instrumento mucho tiempo.

Info 8

• Gran disponibilidad de modelos.
• Alta variedad de calidades.
• Piezas a medida según plano.
• Tubos radiantes.
• Rodillos.
• Parrilas.
• Cestones/cadenas.
• Muflas/Potes de recocido.
• Recuperadores.
REPRESENTANTE PARA ESPAÑA Y PORTUGAL
Tecnymat Aceros, S.L.
Polígono Industrial Izarza - 48150 Sondika (Vizcaya)
Teléf.: 944 710 035 - Fax: 944 710 227
tecnymat@telefonica.net
SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS
GmbH & Co. KG

Bajo Coste de Propiedad
Sus Necesidades
Nuestra Solución
Analizador de Metal SPECTROMAXx
¿Luchando contra elevados costes operativos? ¡El SPECTROMAXx puede ayudarle! Con el más bajo consumo de argón, prácticamente ningún consumible y muy pocas exigencias de mantenimiento, el SPECTROMAXx ofrece una mayor capacidad de proceso de muestras y los costes más bajos del mercado.
SPECTRO
Beneficiese de las ventajas del líder del mercado: Hable con nosotros y averigüe por qué los analizadores de metal de SPECTRO son una inversión en mejor productividad y mayor rentabilidad
Tel. +34 94 471 04 01
Fax +34 94 471 17 41
comercial@spectro.es
www.spectro.com
AMETEK

Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas

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

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

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

Han sido varias las aportaciones para este interesante tema del Fórum, intentaremos exponerlas todas y que a su vez sean tema de debates.

"COMO FALLAN LOS MOLDES" Son varios los motivos por los que la vida de los moldes se ve acortada o reducida con todas sus consecuencias, intentaremos enumerar estas posibles causas entre otras.

En general, las aleaciones con alto punto de fusión como las de cobre o aluminio son las que más acortan la vida de los moldes. Sin embargo para aleaciones con más bajo punto de fusión, como las de base plomo o zinc, también pueden dar lugar a fallos prematuros.

Veamos algunas causas:

"Agrietamiento masivo, Fatiga Térmica, Erosión mecánica, Soldadura-Galvanización, etc. "

Agrietamiento masivo

Ésta podríamos decir que es una avería catastrófica en la que el molde se rompe en dos o más piezas, a menudo en secciones gruesas tras unos pocos ciclos de trabajo. La causa puede ser por tratamiento térmico (mal manejo del TT por elección del medio de enfriamiento o calentamiento inadecuadamente, iniciar el revenido después de excesivo tiempo desde el temple, etc.). A menudo las tensiones se concentran alrededor de una entalla, cambio brusco de sección, excesivas diferencias de masas, elección incorrecta del acero y no recepcionado inicialmente, entre otras anomalías.

Fatiga Térmica

Durante el proceso de producción, los moldes sufren ciclo de calentamiento y enfriamiento. Este ciclo favorece la fatiga de la superficie del molde, o de la capa justo debajo de la superficie.

Las grietas aparecen y se extienden lentamente en cada ciclo. Los aceros más tenaces y más homogéneos tienen un límite de fatiga más alto, pero mayor ductibilidad y tenacidad de impacto de grieta y ayudaran a redistribuir la carga y tensiones, reduciendo así el efecto de las grietas, etc.

Nota: Seguiremos en el próximo número. LAS APORTACIONES A ESTE FÓRUM SIGUEN ABIERTAS, ESPERAMOS ENRIQUECER ENTRE TODOS ESTE INTERESANTE TEMA.

¿DISFRUTAS TRABAJANDO EN TU DEPOSITO DE ACEITE?

Presentamos el horno de vacío de una cámara con enfriamiento a 25 bares de presión (HPQ) como un proceso alternativo a los hornos de vacío con temple en aceite. En muchos casos, los 25 bar del HPQ ofrecen la mismas propiedades de dureza que las de un aceite de temple, y si está equipado con las tecnologías de cementación en vacío LPC FineCarb® y PreNit®, se reduce el tiempo del ciclo hasta un 50%.

¿Por qué templar a alta presión en lugar de en aceite?

1. Excepcional control de la distorsión.
2. Eliminación del lavado después del temple.
3. Ahorro de espacio en almacenaje del aceite de temple.
4. Tiempos ociosos 0.
5. No necesita generador endotérmico ni sonda de carbono.
6. Ayuda al medio ambiente sin llamas, emisiones y derrames.

¿Por qué una cámara?

La carga se calienta y se templa en una sola cámara ahorrando costos del equipo, espacio y simplificando toda la operación.

Estamos tan seguros de los resultados de la nueva tecnología, que realizamos pruebas gratuitas en nuestro centro de I+D por un tiempo limitado para demostrar los resultados metalúrgicos superiores, la fiabilidad y la repetibilidad de ciclos con este sistema de tratamiento térmico.

¿Preguntas? Llame a Adam Adamek al +48 68 382 16 06 o al correo a.adamek@secowarwick.com.pl (English); Bakarne Egiguren tel. +34 943 725 271 begiguren@arrola.es (Spanish).

SECO/WARWICK S.A.
8 Sobieskiego Str.
66-200 Świebodzin, Poland
tel. +48 068 3820 501
fax +48 068 3820 555
info@secowarwick.com.pl
www.secowarwick.com.pl

SECO/WARWICK

ARROLA
SERVICIO INTEGRAL PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TÉRMICO

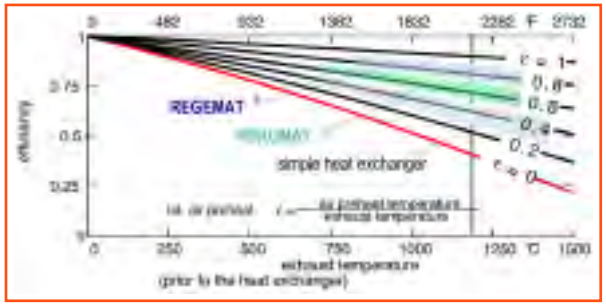
Representante para España y Portugal

ARROLA Hornos y Servicios, S.L.L.
Polígono Industrial
Argixao 60 - 20700
Zumarraga (Gipuzkoa)
Tel. +34 943 725 271 -
Fax. +34 943 725 634
info@arrola.es - www.arrola.es

Quemadores recuperativos y regenerativos con llama o FLOX

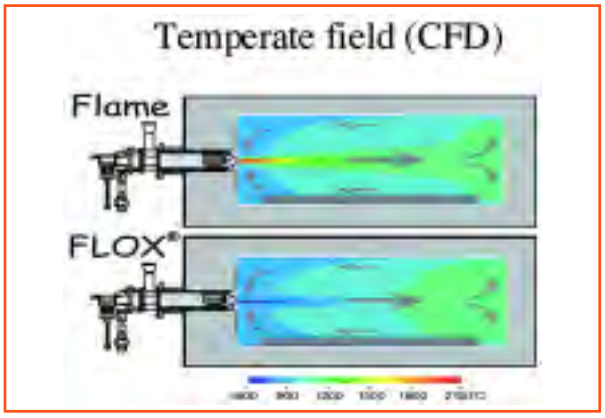
Por Jon Barañano – Dipl. Ing. – Ingeniería Térmica Bilbao S.L. (Interbil)

WS es una empresa fundada en 1982. Se ha especializado en la fabricación de sistemas de quemadores recuperativos REKUMAT y regenerativos REGEMAT para hornos industriales de alta eficiencia y de baja emisión. Sus actividades incluyen investigación, ingeniería y diseño, producción, ventas y servicio en todo el mundo.



FLOX, el sistema patentado de combustión

FLOX, Combustión sin llama, es un acrónimo de "Flameless Oxidation", que describe un sistema de combustión sobre 850ºC, que contrariamente a la llama clásica con una única zona de reacción junto a la boquilla del quemador, la reacción FLOX es homogénea sin frentes de llama. La ignición se produce solamente por la recirculación de los gases de escape, dando un amplio rango de estabilidad de la combustión hasta con combustibles de bajos calores específicos. Quedan eliminados los picos de llama, reduciendo así las emisiones de NOx considerablemente incluso a altos grados de aire precalentado.



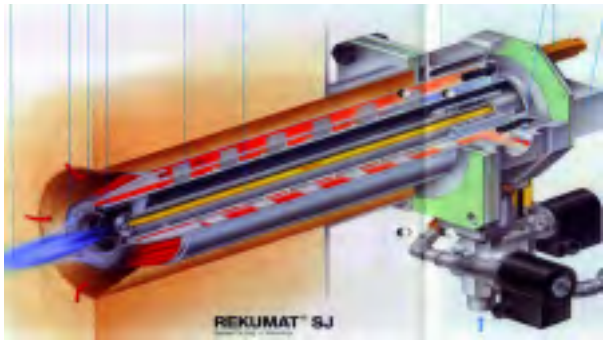
FLOX® -Flameless Oxidation.

FLOX, fuego sin llama

El efecto FLOX creó un gran potencial de utilización con la eliminación de llama visible y su correspondiente ruido asociado, así como una drástica reducción de emisiones de NOx.

FLOX se ha convertido en un producto de amplia aplicación en hornos de tratamiento y en la industria del acero. Con la mejora de las cámaras de combustión, incluso con carbón y con gases especiales, el sistema FLOX tiene incomparables ventajas al combinar una gran eficiencia con emisiones contaminantes reducidas y eliminación de ruido.

La mayoría de quemadores WS-REKUMAT combinan un intercambiador de calor para el precalentamiento del aire y el propio quemador en una unidad compacta. Todas las piezas son completamente en-



Burner principle.

sambladas y probadas para garantizar una adecuada instalación y puesta en marcha. Piezas estándar garantizan la disponibilidad de piezas de repuesto durante muchos años.

Del quemador recuperativo se han vendido más de 50.000 unidades en los últimos 25 años. Durante este tiempo el quemador REKUMAT se ha mejorado continuamente. Ahora bien, hay muchos modelos disponibles, con variaciones respecto a los materiales del recuperador, tamaño y modo de combustión (el aire de combustión por etapas o FLOX®). En la mayoría de los casos el quemador se suministra como una unidad completa con todos los controles prefabricados.

El principio de precalentar el aire de regeneración se utilizó inicialmente sólo para unidades grandes. El alto precio de la energía hizo también atractivo este principio para unidades más pequeñas como las que se utilizan en líneas de procesado de banda de acero y hornos de tratamiento térmico. El WS-REGEMAT es un quemador regenerativo único que puede sustituir a los quemadores recuperativos sin grandes cambios. Los quemadores se suministran pre-montados integrando todas las válvulas y controles. Cada quemador está ampliamente probado y ensayado antes del envío.

Controlador de válvula Emerson DVC6000

Emerson Process Management ha anunciado la aprobación del controlador digital de válvula para aplicaciones de gas natural Fisher FIELDVUE DVC6000, convirtiendo al instrumento en una selección "responsable de energía" para el sector del gas natural. La asociación canadiense de normalización (CSA) aprobó que el instrumento esté diseñado para ayudar a los clientes a mejorar la seguridad de la planta. Este nuevo diseño para aplicaciones de gas natural elimina la necesidad de un sello adicional o una caja de terminales asociada, creando una opción integrada y de menor coste del conjunto válvula y actuador.

Las tentativas de varios fabricantes y clientes de usar prensaestopas y sellos han proporcionado una solución provisional. Para prevenir que el gas natural pase a través de áreas no convenientes, el instrumento DVC6000 proporciona una solución integrada en su interior que cumple las exigencias ANSI/ISA 12.27.01 del Sello individual CSA en usos como este. Cumpliendo estas necesidades de sello individual, no se requiere un segundo sello en Canadá.

El nuevo relé neumático de bajo consumo que incorpora el DVC6000, hace que sea un producto "responsable en coste de energía". El relé de bajo consumo reduce la cantidad de gas necesaria hasta 1/6 y funciona con un mayor rendimiento para satisfacer las necesidades de control de la planta de proceso. La opción de bajo consumo reduce el impacto ambiental, así como el coste del uso de gas natural como medio de suministro.

Para ser aprobada por el CSA, la unidad DVC6000 tuvo que superar estrictas pruebas de presión y pruebas adicionales de ciclos de temperaturas desde –57 °C a 95 °C, que aseguraran que ningún gas sería transmitido a través del área cableada. El instrumento FIELDVUE DVC6000 es actualmente el único posicionador digital para válvulas, con sello individual aprobado por el CSA para servicio de gas natural como un dispositivo independiente.

26 BIENAL ESPAÑOLA DE MÁQUINA-HERRAMIENTA

Del 31 Mayo al 5 Junio 2010

BIEMH

¿Momentos difíciles?

BIEMH - 2010

La mejor herramienta para superarlos

¡Utilízala!

Además, en esta edición, podrás beneficiarte de importantes ventajas y bonificaciones.

¡¡Inscríbete ya!!

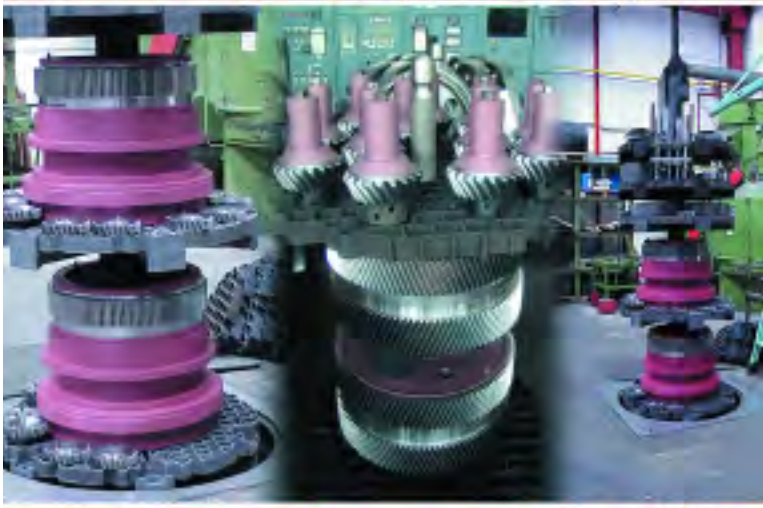
Infórmate: 944 040 091
biemh@bec.eu

Co-organizan:

AFM Asociación Española de Fabricantes de Máquinas-herramienta

BEC! BILBAO EXHIBITION CENTRE

COMERCIAL SATEC SOCIEDAD LIMITADA



EXCELENCIA EN TRATAMIENTO TÉRMICO

PINTURAS PROTECTORAS PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS "CONDURSAL"
- ANTICEMENTANTE
- ANTINITRURANTE
- ESTANQUEIDAD

ACEITES RÁPIDOS DE TEMPLE "DURIXOL":
- ACEITES DE TEMPLE RÁPIDO
- ACEITES DE TEMPLE CON ALTA RESISTENCIA A LA EVAPORACIÓN
- ACEITES PARA TEMPLE MARTENSÍTICO
- ACEITES DE TEMPLE PARA VACÍO

- POLÍMEROS DE TEMPLE, "SERVISCOL Y POLYQUENCH"
- AGENTES LIMPIADORES, "SERVIDUR"
- ACEITES ANTICORROSIVOS Y PAVONADO, "SERVITOL"

COMERCIAL SATEC, S.L.
P.A.E. ASUARAN Edificio Enekuri, nave 9
48950 ERANDIO (Vizcaya)
Tel: 94 471 16 63 • Fax: 94 471 17 41
info@comercial-satec.com • www.comercial-satec.com

Diferentes tipos de hornos y estufas que se emplean en la industria

Estufas continuas con transportador aéreo o cinta transportadora para calentamientos hasta 250 °C

Previstos para trabajar en continuo con las cargas a tratar colgadas de un transportador aéreo o bien apoyadas sobre una cinta transportadora con velocidad variable. Pueden estar intercalados en líneas continuas y ser calentados por radiación o convección directa o indirectamente, mediante electricidad o a combustión.

Estufas industriales estáticas hasta 500 °C

Con estructuras totalmente metálicas, van equipadas con una gran recirculación de aire para garantizar la máxima uniformidad de la temperatura. Se fabrican en todos los tamaños, con o sin carros y bandejas de carga, puertas de bisagra o levadizas automáticas o manuales, con calefacción eléctrica o a combustión.

Hornos de cámara (mufla) hasta 1250 °C

De gran robustez y bajo consumo están construidos con materiales ligeros de gran resistencia y aislamiento, sirven para todo tipo de tratamientos. Pueden ser eléctricos o a combustión, con o sin atmósfera de protección. Se fabrican en varias dimensiones estándar o bien adaptados a las necesidades de cada cliente.

Hornos de pote o de crisol para tratamientos térmicos o fusión

Amplia gama de hornos con cámaras circulares en donde pueden alojarse cestas con bandejas o soportes de carga para calentamientos diversos de estabilizado, revenido y demás tratamientos térmicos, con recirculación forzada o atmósferas de protección y vacío... O bien pueden equiparse con crisoles para fundir metales. Se fabrican en varios tamaños con calefacción eléctrica o a combustión.

Hornos continuos para tratamientos térmicos hasta 1.100 °C

Para aumentar producción, reducir mano de obra y conseguir un importante ahorro energético, ya que en los mismos pueden variarse las potencias de calefacción y las velocidades de manera automática. Pueden ser eléctricos o a combustión y adaptarse a las necesidades de temperatura y producción de cada cliente.

El n°1 mundial de los salones de subcontratación industrial

MIDEST

2009 PARIS

Working **together***

Del 17 al 20 de Noviembre de 2009

Paris-nord Villepinte | FRANCIA

Midest es el salón mundial exclusivamente dedicado a la subcontratación industrial y a las reuniones face to face:

- 1.800 expositores, el 39% de ellos extranjeros procedentes de 29 países.
- 37.640 profesionales pertenecientes a todos los sectores de actividad procedentes de 54 países.
- Conferencias técnicas, estratégicas o económicas para hacer balance de la situación actual.
- Identifique nuevos socios.
- Adelántese a las mutaciones económicas y tecnológicas.
- Encuentre las competencias adaptadas a su estrategia y gane en competitividad.

Una oferta única en el mundo para aportar una respuesta efectiva a sus proyectos

- Transformación de metales
- Transformación de plásticos, caucho, composites
- Electrónica y electricidad
- Micro-técnicas
- Tratamientos de superficies y acabados
- Fijaciones industriales
- Servicios para la industria

Solicite su pase gratuito en www.midest.com

Para cualquier información visitantes, póngase en contacto con:
Servicom Consulting & Marketing, S.L.
servicom@servicomconsulting.com - Tel.: 91.395.28.88 - Fax: 91.442.48.89

Bélgica, país destacado en 2009

Reed Expositions

www.midest.com

simultáneamente con

maintenance expo 2009 y TOL expo

10 medidas anticrisis

Por Confemetal

Es evidente que la profundidad y la rapidez de la recesión tienen sus causas en factores externos a la Industria del Metal y no responden a movimientos cíclicos de la propia industria. Por tanto, el cambio en la tendencia debe contar también con impulsos externos que permitan remontar esta situación de grave riesgo, el mayor, al que se ha enfrentado el sector del metal en décadas.

La fuerte reducción de la demanda efectiva no reside sólo en los evidentes problemas de financiación. La crisis financiera ha venido a agravar los problemas que venían lastrando y agotando el crecimiento español y todo ello ha generado una caída de las expectativas empresariales, que afecta directamente a los planes de inversión, y un ambiente de desconfianza en los consumidores, que incide en la demanda de consumo privado.

Reactivar la actividad económica en la situación actual requiere, además de los cambios estructurales en la línea de liberalización y flexibilización que la competitividad de economía española exige para poder enfrentarse, a medio y largo plazo, al actual escenario económico con garantías de éxito, que se tomen medidas urgentes como las que en el informe "EL METAL EN GRAVE RIESGO" elaborado por CONFEMETAL en colaboración con todas sus organizaciones miembro se proponen al Gobierno.

No actuar supondría la desaparición de un gran número de empresas en poco tiempo, sin esperanza de recuperación alguna en el medio plazo y la destrucción de buena parte del tejido industrial español, y en esa línea el informe solicita al Gobierno que tome en consideración realizar DIEZ MEDIDAS ANTlCRISIS inmediatas para evitar un mayor deterioro de la situación que podría ser irreparable:

Primero: Reactivar la demanda facilitando medios de pago en manos del público, para que el consumo aumente y con él la actividad productiva en general, así como la de servicios y comercio ligados a la industria:

- Con mejora de las condiciones en el acceso al crédito privado.
- Con estímulos en la financiación (reducción de cuotas, descuentos).
- Ventajas fiscales en las compras de determinados bienes (reducción en el IRPF).

Segundo: Mayor envergadura de las medidas específicas de apoyo hacia sectores estratégicos de nuestra economía, que impulsen la actividad de los demás sectores productivos, de comercio y de servicios, mediante incentivos fiscales, ayudas o subvenciones a la compra de determinados bienes y mediante inversiones en determinados sectores, esencialmente infraestructuras, transporte y comunicaciones y energía, planificando los plazos de realización y la demanda directa que generen las diversas actividades productivas.

En concreto, es urgente fomentar la demanda dirigida a los sectores de la construcción y el automóvil con planes integrales y específicos, que detallen los resultados esperados y los tiempos.

Tercero: En cuanto a la morosidad, modificar la actual Ley 3/2004 para que se agilicen los lentos y costosos trámites administrativos actuales, así co-

mo la introducción de plazos máximos de pago, lo que reduciría la morosidad y mejoraría la rentabilidad de las empresas. Sería conveniente empezar por las propias Administraciones Públicas, para que introduzcan un código ético y ejemplarizante de comportamiento que fomente el cumplimiento de las obligaciones de pago por el deudor.

El caso francés sería un buen ejemplo a seguir, tras la reciente ley contra la morosidad, vigente desde el de enero de 2009, que introduce un plazo máximo de pago en operaciones comerciales entre empresas de 45 días a contar desde del último día del mes, ó 60 días a partir de la fecha de emisión de la factura.

Cuarto: Asegurar mediante acuerdo con bancos, cajas y entidades financieras que realmente se facilite el crédito a las empresas, con la mejora y flexibilización de las condiciones actuales, así como permitir refinanciar la deuda que las Administraciones Públicas tienen con las empresas, con coste cero. Diferenciar entre las empresas con dificultades que siempre han cumplido sus compromisos y las empresas insolventes.

Quinto: Ampliar, promover e informar de los recursos y líneas de apoyo para la financiación de empresas e industrias a través de una mejora de las condiciones de los créditos ICO, que finalmente no llegan a las PYMES por la dureza de sus exigencias (al final son las mismas que cualquier otra operación de financiación). Obligar a las entidades financieras a que promuevan los créditos ICO o bien hacer que el propio ICO actúe sin intermediarios. Facilitar el crédito y seguros a la exportación.

Sexto: Ampliar y flexibilizar los plazos para pagar el IVA, como medida transitoria inmediata. Agilizar los mecanismos para que las empresas puedan descontarse el IVA de las facturas no cobradas, ya que deben hacer frente al impuesto sin ni siquiera haber podido cobrarlo. Además, eliminar los intereses de demora en los aplazamientos de deudas con la Agencia Tributaría. Finalmente, agilizar y reducir los plazos de devolución del IVA a las empresas.

Séptimo: Ampliar y flexibilizar los plazos de pagos a la Seguridad Social, sin intereses de demora. Además, rebajar las cuotas a la Seguridad Social para fomentar la creación de empleo.

Octavo: Promover fondos a las administraciones locales y autonómicas con el único objetivo de saldar las deudas que tienen contraídas con las empresas para inyectarles liquidez, así como reducir los actuales plazos de cobro, que son del todo excesivos.

Noveno: Ampliar las deducciones en l+D+i, como medida de fomento de la inversión, beneficiando a las industrias ligadas a estas actividades y que a medio y largo plazo favorecería la competitividad en las empresas.

Décimo: Reducir el Impuesto de Sociedades, como medida adicional para conseguir liquidez que conseguiría además fomentar la competitividad empresarial.

Estas diez medidas inmediatas podrían resumirse en cuatro líneas esenciales de actuación. Facilitar el acceso al crédito de las empresas y de los consumidores, rebajar impuestos y cuotas a la Seguridad Social de las empresas, actuar contra la morosidad, empezando por las administraciones públicas, y acometer medidas específicas de impulso a la inversión y a la demanda en sectores estratégicos industriales.

El objetivo final es inyectar liquidez al sistema económico y evitar que la salida de la recesión tarde en producirse y que, cuando llegue, lo haga habiendo dejado tras de sí un panorama industrial semidesértico, sobre el que será difícil construir un futuro de progreso y bienestar.

Una experiencia de éxito: Colaboración en horno de recocido

Por James Feese y Dr. Felix Lisin, ELSTER HAUCK
(Traducido y adaptado por David Agustí)

INTRODUCCIÓN

En un Mercado tan sumamente competitivo como el de hoy, con tan estrictas reglamentaciones medioambientales, los fabricantes de acero se ven obligados a reducir los consumos de combustible a la vez de reducir la contaminación, incluso los óxidos de nitrógeno (NOx). La utilización de quemadores convencionales hace que estas dos metas entren en conflicto. Sin embargo, con la llegada de quemadores altamente tecnológicos que utilizan técnicas de combustión de llama difusa, se consiguen altos niveles de eficiencia gracias al precalentamiento del aire de combustión, con los correspondientes niveles bajos de emisiones de NOx. Un ejemplo de ello es la firma NucorSteel (Auburn NY) que incorpora en su nuevo horno de recocido la tecnología de los quemadores TriOx de la casa Elster HAUCK. Desde un principio, el diseño del horno tuvo que ser capaz de menos de 265 kW/tonelada de acero con ratios de producción de hasta 120 ton/h, un incremento significante de la anterior capacidad que el horno de recocido tenía, además de tener que cumplir con las ultra bajas exigencias de emisiones de NOx, las cuales se controlan de forma continua con un sistema de Monitoreo de Emisiones Continuo (CEM).

Antecedentes

El horno instalado en Nucor, construido por Forni Industriali Bendotti S.p.A, es un horno de recocido de empuje de unos 18 m de largo diseñado para 120 toneladas/h mediante barra de descarga. Incorpora un recuperador de calor para el aire de combustión y todos los quemadores se operan vía control del caudal másico con un PLC. La producción de productos primarios incluye enfierradura, barras de alta calidad; cilíndricas, cuadradas, planas, en ángulo y canales; y barras especiales de acero de calidad de aproximadamente 130 tamaños de varios grados y composiciones y producidas al 100% a partir de chatarra reciclada. El horno de recocido, sustituyó uno antiguo con capacidades nominales desde 50 toneladas/h hasta 95 toneladas/h con carga caliente y longitud máxima de lingotes de unos 4 m. El nuevo horno tiene aproximadamente unos 12 metros y está equipado con 22 quemadores TriOx divididos en cuatro zonas de control (Figura 1), hay 6 quemadores en la parte inferior refrentados uno con otro y cada uno regulado a la potencia nominal de 2,54 MW/h. Finalmente, la zona de empapamiento, está equipada con un total de diez quemadores, divididos en dos zonas de cinco quemadores cada una con una potencia nominal de unos 720 kW/h cada uno. La altura del horno es de unos 2m con los quemadores dispuestos de forma tal que queden alejados de la línea de carga evitando así la formación de escalonamientos. El horno dispone, adicionalmente, de entradas para la conexión de cuatro quemadores adicionales, dos en la parte superior y dos en la inferior, para incrementar la potencia del mismo. Para una eficiencia máxima del sistema y una uniformidad térmica, el diseño del horno incluye conductos tanto en la parte superior como en la inferior. El lingote tipo es de 12 metros de largo. Como en muchos sistemas de combustión, el diseño del horno incluyendo la ubicación de

Figura 1: Horno Nucor Auburn.

los quemadores, es crítico en general, para la transferencia térmica y la eficiencia en la combustión del sistema. Con la combustión distribuida con Invisiflame® de TriOx, el diseño del horno puede influir directamente en la generación de NOx. La geometría del quemador, así como su ubicación en la pared del horno, es muy importante para asegurar el máximo aporte de gas a la base de la llama para una máxima reducción de las emisiones de NOx.

Previamente a la obtención del proyecto, Elster Hauck realizó un detallado análisis de la distribución térmica zonal del horno mediante una Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) con Fluent ®. Los resultados fueron comparados con un CFD previo realizado a uno de los quemadores y con los datos extraídos experimentalmente en laboratorio para obtener el coeficiente de transferencia térmica, la uniformidad térmica, velocidad y caudal, así como las emisiones de NOx esperadas (AIST). El quemador (Figura 2), incorpora tres etapas de aire para combustión con el fin de reducir la formación de NOx al tiempo que se aumenta la eficiencia de la producción gracias a la alta temperatura del aire precalentado. Las etapas del caudal de aire, están controladas mediante una válvula, mostrada también en la Figura 2, que proporciona la cantidad justa y necesaria de aire para cada etapa, dependiendo de la temperatura del horno. Por ejemplo, a partir de 870 °C, u operación normal, el caudal de aire es conducido en su gran parte de tal forma que se reduzca la formación de NOx. Sin embargo, a temperaturas inferiores, que se obtienen cuando el horno arranca en frío o en periodos de mantenimiento, la etapa de aporte de aire con mayor riesgo de formación de Hidrocarburos (HC) o Monóxido de Carbono (CO), se produce a temperaturas más altas. Por lo tanto, vía la utilización de un termopar adecuado, el PLC de control, simplemente envía una señal a la válvula de conmutación del quemador, para posicionar la misma válvula en la posición adecuada y tener así un control de emisiones óptimo. El quemador es capaz de trabajar con un exceso de aire típicamente de un 5% con control de caudal, a través de todo su rango de operación. La eficiencia del combustible puede maximizarse en un completo rango de demandas de producción.

La geometría del quemador nos dicta la estructura de la llama, la eficiencia en la combustión, la transferencia de calor y la formación de NOx. Las características de la inyección central de combustible, rodeado por múltiples niveles de cuidadosamente diseñadas etapas de aporte de aire, aseguran una reducción de las emisiones de monóxido de carbono (CO) y una gran estabilidad de la llama durante los ciclos fríos tales como el arranque. También la geometría del sistema de aporte de gas y aire, se op-

Figura 2: Quemador TriOx.

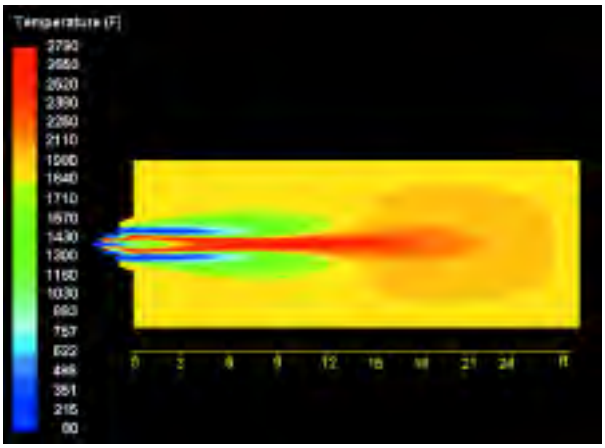


Figura 3: Perfil de temperatura del quemador.

timiza y combinado con el control de aporte de aire y de las velocidades de descarga del aire caliente, próximas a los 60 m/s, hace que la zona de la llama estire y arrastre los gases producto de la combustión. Como se muestra en la Figura 3, la temperatura del pico de la llama es significativamente inferior en comparación con las técnicas de combustión convencionales, con los consiguientes niveles ultra bajos de emisiones de NOx, incluso con aire precalentado. En el testeo experimental del quemador a plena potencia, con una temperatura de cámara de 1.130 °C con aire precalentado a 430 °C, se obtienen unos niveles de emisiones de NOx de aproximadamente 34 ppmdv con 3% O2.

Resultados

La revisión del horno se realizó en Abril de 2005 durante un proceso de secado seguido de la inmediata producción.

Se recopiló la siguiente información durante el funcionamiento normal del horno:

- Tipo de carga, tamaño y peso.
- Ratio de producción del horno.
- Temperatura de superficie del lingote a la descarga.
- "Set points" de temperatura zonal del horno.
- Temperatura del horno.
- Caudales de aire y gas por zona.
- Emisiones de NOx, CO y O2.

Datos de operación del horno, descargados del PLC a producción máxima, según se detalla en tabla 1:

Ratio de producción del horno	140	Toneladas/h
Valor calorífico bruto de GN	0,0107	kWh/m³
Caudal de GN total	5,039	Nm³/h
Ratio del horno	32,2	MW/h
Temperatura de aire precalentado	442	°C
Temperatura de humos	784	°C
Temperatura del lingote salida	1.101	°C
Exceso de aire	5	%

Tabla 1: Datos productivos.

Adicionalmente, la temperatura exterior de las paredes del horno se midió para los cálculos de pérdidas térmicas. Las temperaturas de la superficie y de la línea central del lingote se calcularon según los perfiles de temperatura del software de cálculo de Elster Hauck para transferencias de calor (Figura 4).

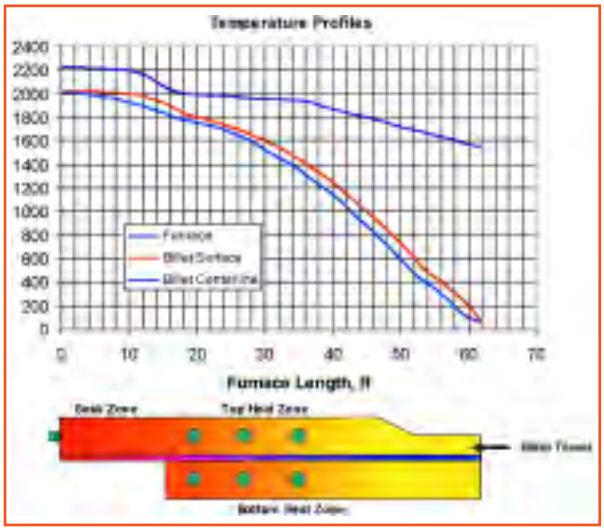


Figura 4: Perfil de temperatura.

El proceso de calentamiento de los lingotes, ocurre de forma suave a razón de unos 10 °C/min en la mitad de las zonas de calentamiento y de aproximadamente 2,5 °C/min en las zonas de empape. El diseño del horno en general, incluido el posicionamiento, geometría y espaciamiento de los quemadores, propician una buena uniformidad de la temperatura y transferencia térmica del metal una vez calentado. La producción del horno aumenta hasta 140 toneladas/h frente a las 120 toneladas/h que el diseño original permitía.

Se utilizó el programa de CFD, FLUENT®, para obtener un detalle de la distribución térmica del horno. La distribución de temperatura en las secciones horizontales a través de los quemadores es la que se puede ver en la Figura 5. Con el objeto de poder ver dicha distribución, sólo se muestra una mitad de horno en la Figura 5. Los productos de la combustión (PDC) de las zonas de empapado se incluyen en el modelo, con un flujo de derecha a izquierda; los PDC de la zona de empapado produce una mínima influencia que puede apreciarse como una suave distorsión de las llamas en dirección descendente. Los resultados de la simulación nos muestran que estas áreas de alta temperatura se encuentran principalmente dentro de los bloques de los quemadores y ocupan un pequeño volumen con cortos tiempos de duración, lo que contribuye a la muy reducida cantidad de NOx producido. En general el calor o el modelo de distribución de la llama de los quemadores cercanos a la zona, son muy similares a los resultados del quemador por sí solo, resultados los cuales son validados de forma empírica en laboratorio. La u-

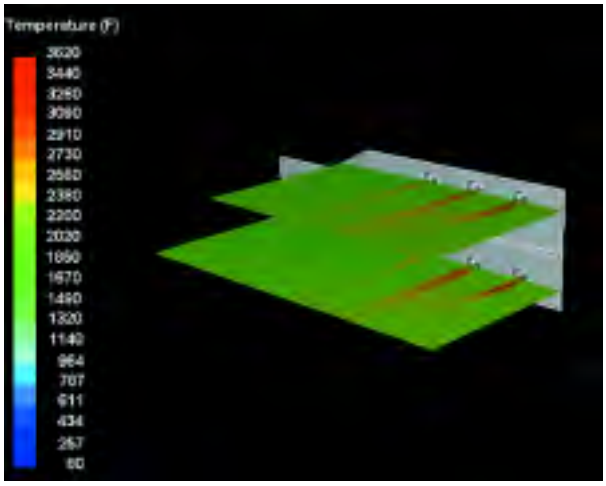


Figura 5: Perfil térmico del plano horizontal desde el centro de los quemadores.

niformidad térmica de los gases PDC a través del largo del horno, es realmente buena; los máximos localizados en las llamas causan zonas de elevadas temperaturas cerca de la cima de horno y en las paredes inferiores. La uniformidad térmica del lingote se ve soportada por los resultados obtenidos gracias a Fluent ®.

Según los datos recogidos, se han computado los siguientes datos del balance de calor (Tabla 2):

ENTRADA	MW	%	SALIDA	MW	%
Calor de combustible	35,6	87,1	Calor del producto	26,7	65,8
Calor de aire precalentado	4,9	12,9	Calor de los gases	11,7	29
			Perdidas de calor de paredes	0,3	0,7
			Calor del agua de enfriamiento	1,8	4,5
Total	40,5	100	Total	40,5	100

Tabla 2: Balance de calor del horno.

El aire precalentado a 442 °C supone el 13% del calor total que entra en el horno. Las pérdidas térmicas de las paredes son muy reducidas, alrededor de un 1% del total. El funcionamiento del horno en general es bastante bueno considerando que el calor que absorbe el acero representa un 75% de calor producido directamente del combustible o lo que es lo mismo, un 66% del calor total, si tenemos en cuenta también el calor del aire precalentado. De todas formas, un consumo específico de 254 kW/tonelada es realmente bueno partiendo de la premisa original de aproximadamente 293 kW/tonelada.

Las emisiones, las cuales se controlan vía CEM, se han mantenido por debajo de los máximos permitidos a través de todo el proceso productivo del horno, incluso en ratios de producción por debajo de las 60 tonelada/h hasta 140 toneladas/h, así como durante los ciclos fríos como el arranque inicial o los ciclos largos de apagados suaves. En producción máxima, 140 toneladas/h, los niveles de NOx se encontraban por debajo de 0,09678 kg/W con un aire precalentado por encima de los 430 °C. En ratios de producción más bajos y temperaturas notablemente menores del aire precalentado, los niveles de NOx se mantenían inferiores a 0.0837 kg/W. Además, los niveles de CO son virtualmente cero durante las condiciones normales de trabajo.

Conclusión

Manteniendo unos costes competitivos frente a los incrementos del combustible y las materias primas, y combinado esto con la competitividad creciente el mercado, obtenemos el desafío principal que deben afrontar los principales productores de acero. En el caso particular del horno de recocido de Nucor Auburn, el método utilizado para alcanzar estas metas ha sido la utilización de un horno compuesto de varios quemadores y un sistema que utiliza aire precalentado para la combustión, pero con exigencias medioambientales muy rigurosas. Estas exigencias medioambientales, en cuanto a los niveles de NOx, así como una de las metas perseguidas por Nucor de incrementar la producción del horno, reduciendo el consumo de combustible y reduciendo los escalonamientos térmicos, fueron finalmente alcanzados y puestos en práctica con la aplicación de la tecnología Invisiflame® de los quemadores TriOx de Elster Hauck. Gracias a una estrecha colaboración entre el fabricante del horno, el usuario final y el fabricante de los quemadores, combinado con la optimización de diseño gracias a CFD, situación en el horno de los quemadores y geometría del mismo, se asegura el éxito a largo plazo. Hasta el momento, las operaciones de rodaje funcionan suavemente, los ratios de producción han excedido los objetivos de diseño y los niveles de NOx se encuentran dentro de los requerimientos medioambientales.

Algunas consideraciones sobre los aceros al boro para tornillería con 1% de cromo

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

Introducción

La norma **EN10263-4/2001**, –**tabla I**– contempla varios **aceros al boro**, desarrollados en la últimas décadas del siglo pasado en Alemania. Son aceros con un carbono medio [**C**= (0,32 ÷ 0,36%)], y contenido de cromo aproximado al uno por 100 [**Cr** = (0,90 ÷ 1,20%)]; aceros éstos que, particularmente, se emplean en la fabricación de tornillos de alta resistencia: calidades **10.9** y **12.9.**

Tales aceros incrementan muy significativamente la templabilidad y las características mecánicas en comparación con los de similar composición, pero sin boro: aceros **34Cr4** y **34CrMo4**. Frente a los aceros de igual templabilidad, los aceros con boro y 1%

Acero		Composición química de los aceros al BORO Análisis de colada.							
Designación EN simbólica	Designación EN numérica	C %	Si ≤ %	Mn %	S %Máx	P %Máx	Cr %	Mo %	B p.p.m.
17B2	1.5502	0.15÷0.20	0.30	0.60÷0,90	0.025	0.025	≤ 0.30	-	8 –50
23B2	1.5508	0.20÷0,25	0.30	0.60÷0,90	0.025	0.025	≤ 0,30		8÷50
28B2	1.5510	0.25÷0,30	0.30	0.60÷0,90	0.025	0.025	≤ 0,30		8÷50
33B2	1.5514	0,30÷0,35	0,30	0,60÷0,90	0.025	0.025	≤ 0.30		8÷50
38B2	1.5515	0.35÷0,40	0.30	0.60÷0,90	0.025	0.025	≤ 0.30		8÷50
17MnB4	1.5520	0.15÷0,20	0.30	0.90÷1,20	0.025	0.025	≤ 0.30		8 –50
20MnB4	1.5525	0.18÷0,23	0.30	0.90÷1,20	0.025	0.025	≤ 0.30		8÷50
23MnB4	1,5535	0,20÷0,25	0,30	0,90÷1,20	0.025	0.025	≤ 0,30		8÷50
27MnB4	1.5536	0.25÷0,30	0.30	0,90÷120	0.025	0.025	≤ 0.30		8÷50
30MnB4	1.5526	0,27÷0,32	0,30	0,80÷1,10	0.025	0.025	≤ 0,30		8 –50
36MnB4	1.5537	0.33÷0,38	0.30	0.80÷1,10	0.025	0.025	≤ 0.30		8 –50
37MnB5	1.5538	0.35÷0,40	0.30	1.15÷1,45	0.025	0.025	≤ 0,30		8÷50
30MoB1	1.5408	0,28÷0,32	0,30	0,80÷1,00	0.025	0.025	≤ 0.30	0,08÷0,12	8÷50
32CrB4*	1.7076	0.30÷0,34	0.30	0.60÷0,90	0.025	0.025	0,90÷1,2		8÷50
36CrB4*	1.7077	0.34÷0,38	0.30	0.70÷1,00	0.025	0.025	0,90÷1,2		8÷50
31CrMoB2-1	1.7272	0,28÷0,33	0,30	0,90÷1,20	0.025	0.025	0,4–0,55	0,10÷0,15	8 –50

*Aceros aliados en cromo (Cr 1%)

***Tabla I**. Composición química de los aceros al BORO para deformación en frío [EN 10263-4/2001].*

de cromo [(**0,32 ÷ 0,36%**) **C** + **1%Cr + B**] –**aceros 32CrB4** y **36CrB4**– presentan una menor resistencia en estado bruto de laminación; y, por tanto, ofrecen una mayor aptitud a la deformación y extrusión en frío.

Los tornillos con ellos fabricados alcanzan ampliamente, previo bonificado, las características mecánicas de resistencia y de tenacidad requeridas en las calidades **10.9** y **12.9**. La necesidad de respetar los valores especificados y, como norma, una mínima temperatura de revenido, hace necesario el empleo de una composición química determinada en aquellos casos en los que, también, se imponga este requisito.

Desde las últimas décadas del siglo pasado fabricantes de tornillos, fundamentalmente, alemanes, franceses e italianos están utilizando tales aceros [(**0,32 ÷ 0,36%**)**C** + **1%Cr + B**] para la fabricación de tornillos en las calidades **10.9** y **12.9** y en redondos de hasta 30 mm.

La ventaja de utilización de los **aceros al boro con 1% de cromo**, reside en su elevada templabilidad combinada con una muy buena aptitud a la deformación y extrusión en frío; bien sea mediante material, recocido con estructura globular para el hechurado de tornillos con difícil relación de conformado, o bien mediante acero no recocido, cuando sólo se realizan operaciones simples de recalcado, como más adelante indicamos.

INFLUENCIA DEL BORO SOBRE LA CONDUCTA DE TRANSFORMACIÓN

El incremento de la templabilidad que puede originarse en el acero con unos muy pequeños contenidos de boro (**B**), se pone de manifiesto en los diagramas de transformación-tiempo-temperatura: **diagramas TTT**; **figura 1**. En dicha **figura** se comparan las conductas de transformación del acero **32CrB4** con las del otro acero de la misma composición base, pero sin boro: acero **34Cr4**.

En el acero **32CrB4** el comienzo de la transformación ferrita-perlita y de la transformación bainítica se desplaza claramente a tiempos más largos con la adición, aproximadamente, de **30 ppm** de boro; mientras que, por otra parte, el final de la transformación ferrítica apenas si experimenta transformación alguna.

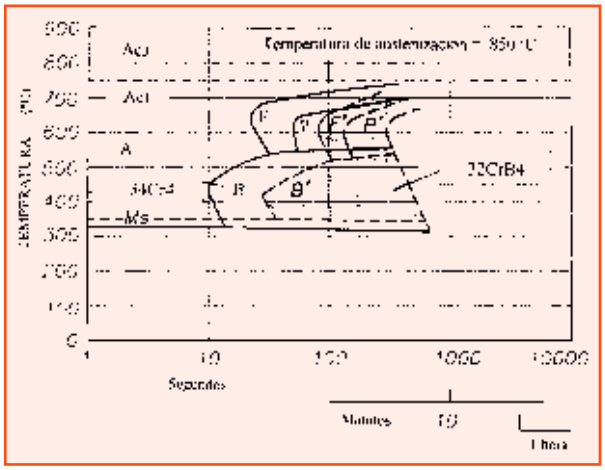


***Figura 1**. El incremento de templabilidad que originan unos muy pequeños contenidos de boro se ponen de manifiesto mediante los diagramas Tiempo-Temperatura-Transformación de los aceros **34Cr4** y **32CrB4**.*

La mejora de templabilidad se debe, como es sabido, a la presencia de pequeñas cantidades de boro soluble que enriquece los límites de grano, impidiendo la germinación o nucleación de granos de ferrita, según se cita en la mayor parte de la literatura especializada. En la **figura 2** se representa la influencia que tiene el contenido de boro soluble sobre el diámetro crítico ideal. La influencia aumenta rápidamente hasta un valor de **10 ppm**., aproximadamente, y permanece constante hasta **30 ppm**. Para contenidos de boro superiores desciende la templabilidad, puesto que se excede la solubilidad del boro en el acero y se forman carburos de

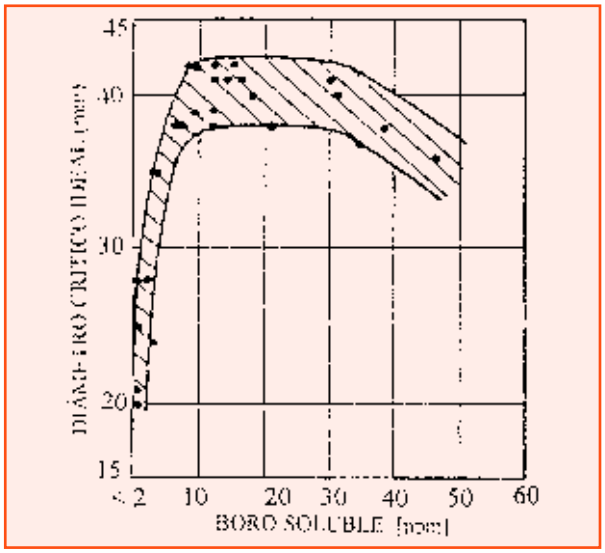


***Figura 2**. Influencia del contenido de boro soluble sobre la templabilidad y el diámetro crítico ideal.*

boro de tamaño, relativamente, grueso en los límites de grano que propician la formación de ferrita.

Según datos obtenidos de la literatura especializada, se alcanza la máxima templabilidad con boros comprendidos entre **10** y **30 ppm**. Una de las causas de esta diferencia en los contenidos de boro radica en la determinación del boro soluble. El análisis del **boro soluble** se realiza, en la mayoría de los casos, mediante procedimientos químicos o electroquímicos. Hay que tener en cuenta, también, que tanto el contenido de carbono del acero como el tratamiento térmico anterior al temple, modifican el efecto específico del boro.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS AL BORO CON 1% DE CROMO

La ventaja de los aceros al boro con 1% de cromo [**(0,32 ÷ 0,36%)C + 1%Cr + B**] reside en su elevada templabilidad, junto con una muy buena aptitud a la deformación y extrusión en frío; particularmente, cuando se realizan operaciones de cierta dificultad de conformado y hechurado.

Templabilidad

En la mayoría de los casos se caracteriza la templabilidad, como es sabido, mediante el **ensayo Jominy**; **figura 3**. En los aceros de estampación y extrusión en frío, tal como hemos podido apreciar, también se define el diámetro máximo en cuyo núcleo se alcanza una dureza y una estructura mínima determinada; **tabla II**.

El incremento de templabilidad, debido al boro presente en el acero, se puede comprobar mediante ensayos corrientes y usuales de templabilidad. En la **figura 4** se comparan las **bandas de templabilidad Jominy** de los aceros **34Cr4** y **32CrB4**, cuya única diferencia en composición es el contenido o no de boro. A una distancia del extremo templado, en el tramo comprendido entre 1,5 y 3 mm, existe una estructura martensítica siendo, asimismo, la dureza igual en ambos aceros. La dureza depende, únicamente, del contenido de carbono y no está influenciada, en absoluto, por el contenido de boro. A partir de la distancia de 5 mm, aproximadamente, aumenta el porcentaje de bainita, en el caso del acero **34Cr4**, disminuyendo por ello la dureza. Ya a la distancia de 10 mm se forma, por primera vez, perlita y a partir de los 15 mm se forma, también, ferrita.

Por el contrario, en el acero **32CrB4** no comienza la formación de la bainita hasta una **distancia Jominy** de 10 mm *–siendo hasta entonces enteramente martensítica–*; cuando ya la velocidad de enfriamiento no es tan acusada, y hasta una distancia próxima a 30 mm, la estructura está constituida por en su mayoría por bainita y algo de martensita no existiendo, todavía, rastro alguno de ferrita o de perlita. El acero **32CrB4** presenta, prácticamente, la misma templabilidad que el acero **34CrMo4**; **figura 5**.

Tornillos de la calidad **10.9**, hasta redondos de 30 mm, se pueden conformar en frío sin ninguna dificultad cuando se utiliza, para ello, el acero **32CrB4**. Diámetros de 10 a 30 mm, templados en aceite, alcanzan en el núcleo una velocidad de enfriamiento que

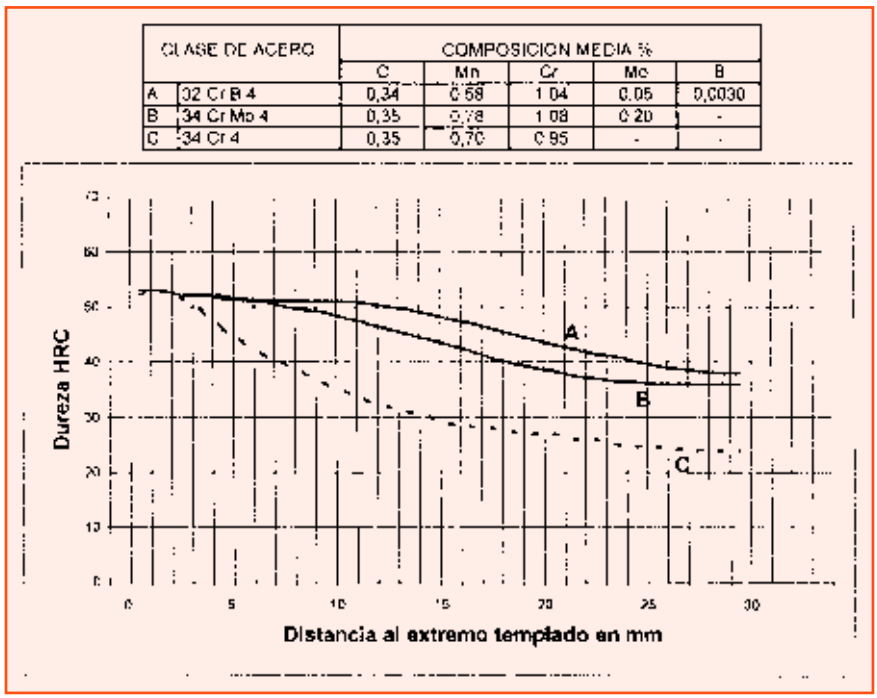


***Figura 3**. Curvas de templabilidad **Jominy** de los aceros en estudio. Aceros **32CrB4**; **34Cr4** y **34CrMo4**.*

Acero designación simbólica	Temperatura temple endurecimiento hasta el núcleo °C ± 5 °C	Dureza de núcleo (estructura 90% martensítica) HRC	Diámetro máximo (en mm) para asegurar 90% de martensita en el núcleo
Aceros sin BORO			
37Mo2	850	48	8
38Cr2	850	48	8
46Cr2	850	51	9
34Cr4	850	46	14
37Cr4	850	48	15
41Cr4	850	50	16
25CrMo4	850	41	13
34CrMo4	850	45	18
37CrMo4	850	48	18
42CrMo4	850	50	21
34CrNiMo6	850	46	31
34NiCrMo7-3-2	850	50	34
Aceros con BORO			
17B2	900÷920	37	9
23B2	890÷900	40	9
28B2	880÷890	43	10
33B2	870÷880	45	11
38B2	860÷870	48	11
17MnB4	890÷900	37	12
20MnB4	880÷890	39	14
23MnB4	880÷890	40	14
27MnB4	870÷880	43	14
30MnB4	860÷870	44	14
36MnB4	850÷860	47	14
37MnB5	850÷860	48	16
30MoB1	870÷860	45	18
32CrB4*	860÷870	46	30
36CrB4*	850÷860	48	30
31CrMoB2-1	860÷860	45	30

*Aceros estudiados

***Tabla II**. Diámetro máximo que se puede alcanzar, con un mínimo de 90% de martensita, en los distintos aceros del grupo para deformación en frío. Temple en aceite y un tiempo aproximado de austenización = 30 minutos [EN 10263-4/2001].*

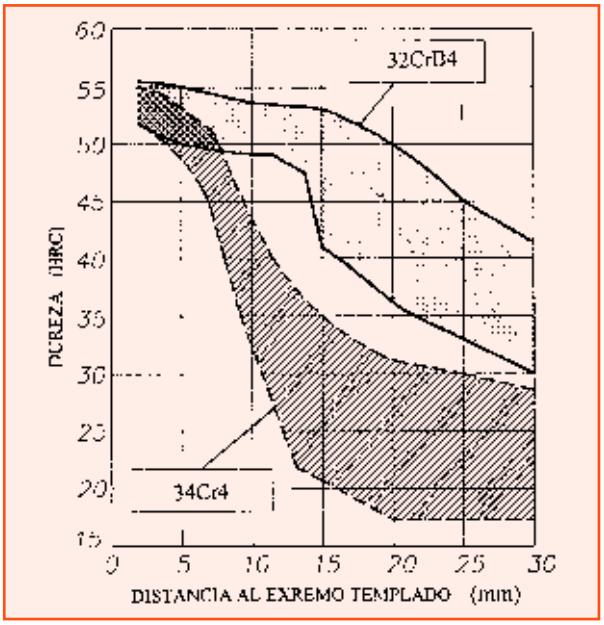


***Figura 4**. Bandas de templabilidad **Jominy** de los aceros **32CrB4** y **34Cr4**.*

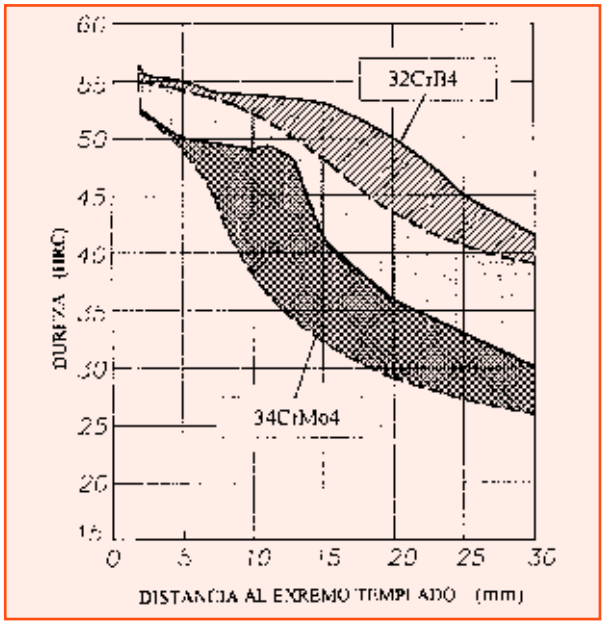


***Figura 5**. Bandas de templabilidad **Jominy** de los aceros **32CrB4** y **34CrMo4**.*

se corresponde con los puntos de la **curva Jominy** situados a una distancia comprendida entre 3 y 9 mm del extremo templado. No ocurre lo mismo con el acero **34Cr4**, ya que su templabilidad se reduce a magnitudes mucho más bajas; **tabla II**.

Aptitud a la deformación en frío

Una de las ventajas de los aceros al boro reside, como es sabido, en que presentan una resistencia menor a la deformación en estado bruto de laminación, y también en el estado de recocido globular, frente a los aceros exentos de boro de igual templabilidad siendo aquéllos, por tanto, más fácilmente deformables. En la **figura 6** se observa claramente esta ventaja: al comparar los aceros al boro **19MnB4**; **35B2**; y **32CrB4** frente a los aceros sin boro **28Cr4**; **37Cr4**; y **34CrMo4**.

Características de temple y revenido

La resistencia y demás características mecánicas exigidas en tornillos de las calidades **10.9** y **12.9**, fabricados con los aceros al boro con 1% de cromo [**(0,32 ÷ 0,36%)C + 1%Cr + B**] se obtiene, obviamente, mediante temple y revenido alto. En el caso; **p.e**: de tornillos de la calidad **10.9**, se tiene que alcanzar una resistencia mínima de 1040 N/mm² (**R =** 1040 N/mm²) y, para conseguirlo, hay que realizar un revenido a temperatura igual o superior a 425 °C [Tª ≥ 425 °C].

El diagrama de la **figura 7**, para redondos comprendidos entre 20 y 30 mm, que representa las ca-

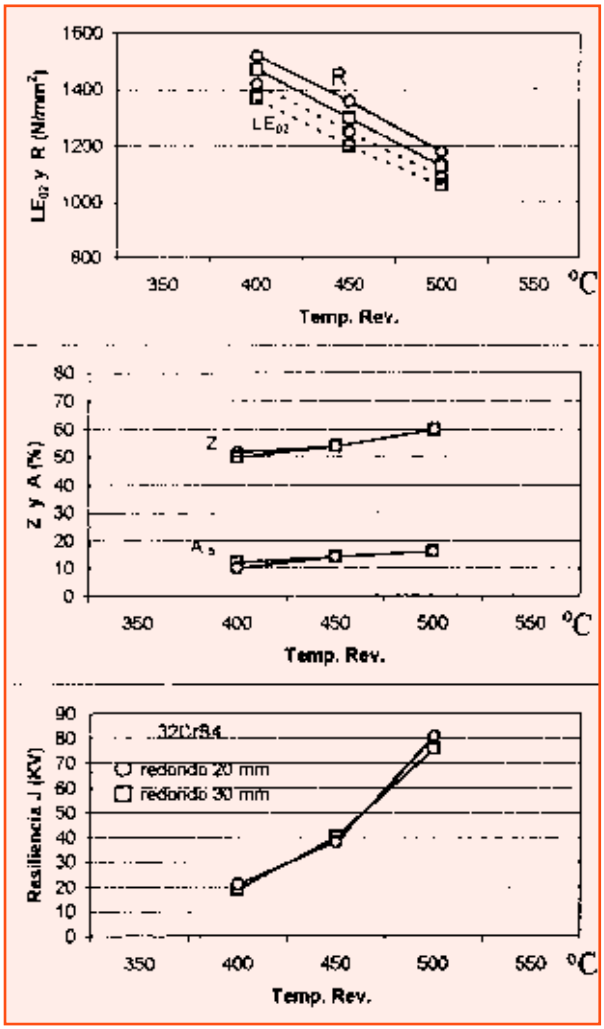


***Figura 7**. Características de resistencia y tenacidad según la temperatura de revenido. Acero **32CrB4** templado a una temperatura de 850 °C con enfriamiento en aceite y revenido durante una hora.*

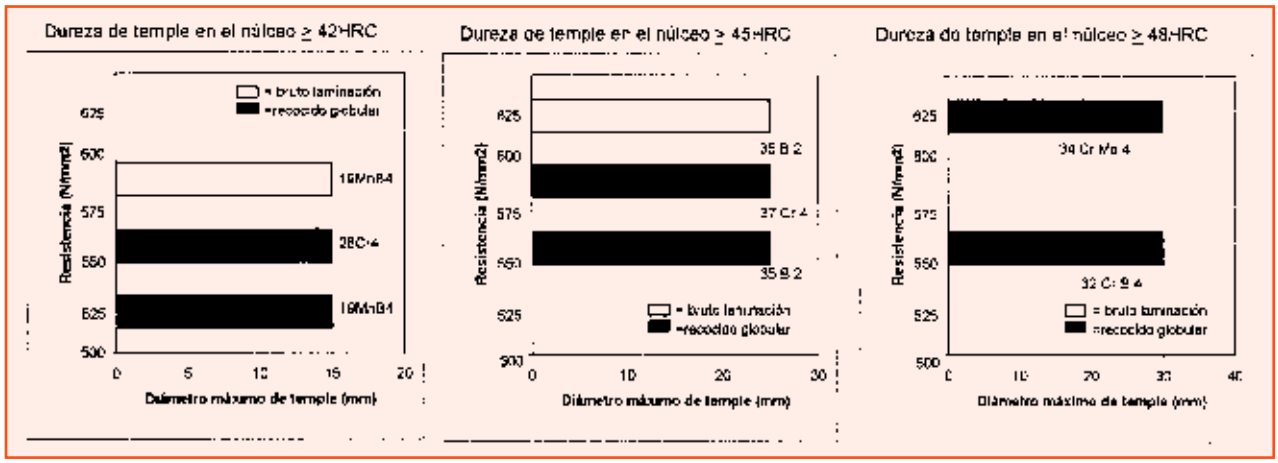


***Figura 6.** Diámetro máximo de temple para asegurar el 90% de martensita en el núcleo con una dureza mínima exigida (HRC = 42 ÷ 46), según la clase de acero –con boro y sin boro– Resistencias (N/mm²) bruto de laminación y en estado de recocido globular.*

racterísticas mecánicas del acero **32CrB4** según la temperatura de revenido. Condiciones que cumplen ampliamente –*con buenas características de tenacidad*– cuando se refieren a tornillos de la calidad **12.9**, revenido a temperatura por encima de 470 °C (Tª > 470 °C), temperatura ésta que es superior a la establecida en normas.

La resistencia que, se obtiene reviniendo a temperaturas próximas a 470 °C es, prácticamente, la misma en el caso de los aceros **34CrMo4** y **32CrB4**; mientras que disminuye en el caso del acero **34Cr4**; **figura 8**. Con temperaturas de revenido relativamente más altas, en el acero **34CrMo4** se obtiene una dureza y resistencia superiores a las que se alcanzan en el acero **32CrB4**. Esta mayor estabilidad de revenido a temperaturas más elevadas de los aceros **Cr-Mo** se debe, fundamentalmente, al contenido de molibdeno.

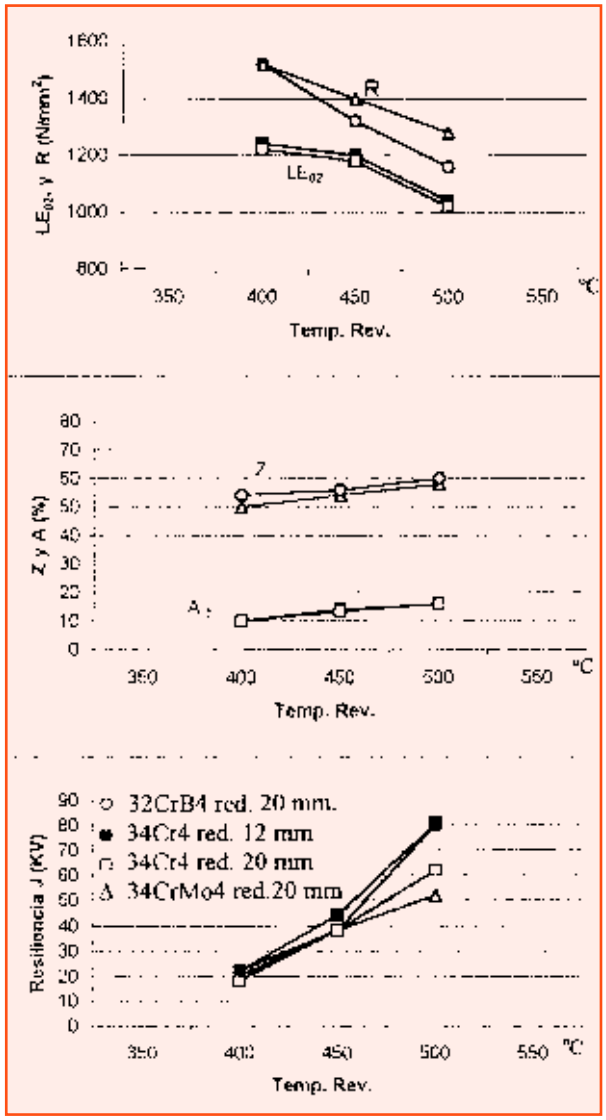


***Figura 8**. Características de resistencia y tenacidad según la temperatura de revenido. Aceros **32CrB4**; **34Cr4** y **34CrMo4** templados a una temperatura de 850 °C con enfriamiento en aceite y revenidos durante una hora.*

La influencia de la estructura de temple es manifiesta, si se considera la evolución de la tenacidad en función de la resistencia, como se indica en la **figura 9**. Los aceros **34CrMo4** y **32CrB4** presentan, previo bonificado, la misma tenacidad con una igualdad, también, de resistencia; esto no ocurre en el caso del acero **34Cr4**, de menor templabilidad, donde ya la tenacidad baja sustancialmente. Lo mismo ocurre cuando comprobamos las características de tenacidad a muy baja temperatura; **figura 10**.

En los redondos de 12 mm, las características de tenacidad son superiores a las que se obtienen en redondos de 20 mm., a pesar de que su resistencia

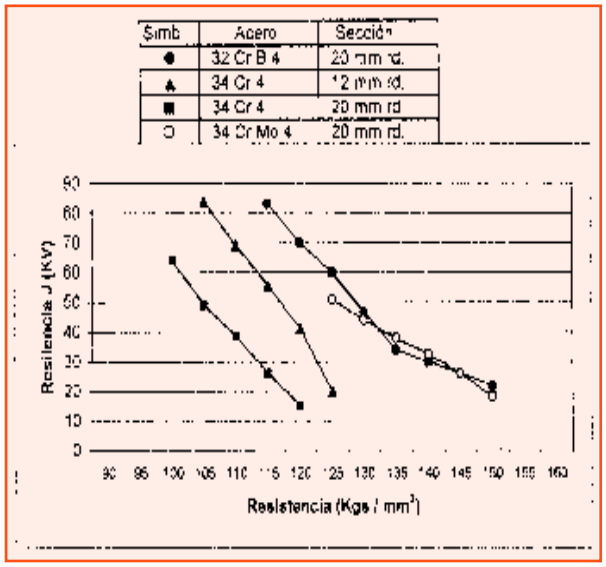


***Figura 9**. Influencia de la estructura de temple sobre la evolución de la tenacidad y de la resistencia. Aceros **32CrB4**; **34Cr4** y **34CrMo4**.*

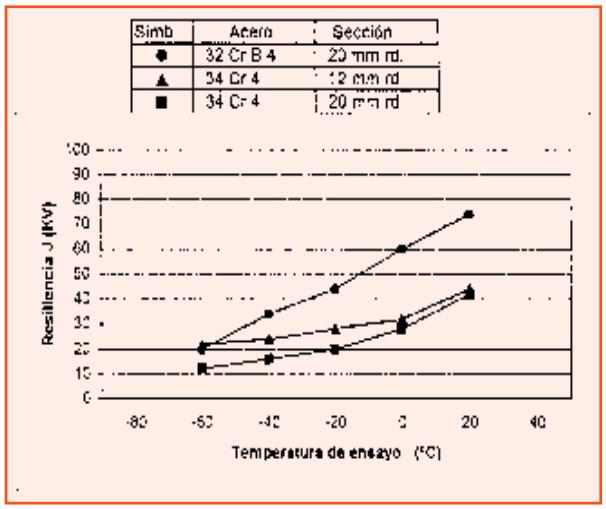


***Figura 10**. Influencia de la temperatura de ensayo sobre la tenacidad. Aceros **32CrB4**; **34Cr4** y **34CrMo4**.*

es más elevada. Esto es una consecuencia de su mayor penetración de temple: **templabilidad**.

RESUMEN

El boro mejora la conducta de transformación y las características de los aceros con 1% de cromo [(**0,32 ÷ 0,36%**)**C** + **1%Cr + B**], empleados en la fabricación de tornillos de alta resistencia. El boro incrementan la templabilidad de los aceros estudiados, y con ello se alcanzan unas muy buenas características mecánicas, en estado de bonificado, en competencia con los aceros de igual composición y tratamiento, pero sin boro: aceros **34Cr4** y **34CrMo4**.

Frente a los aceros sin boro de igual templabilidad, los aceros al boro presentan una menor resistencia en estado bruto de laminación, y/o en estado de recocido; y, por tanto, ofrecen una mayor aptitud a la conformación en frío.

Los tornillos con ellos fabricados [aceros (**0,32 ÷ 0,36%**) **C** + **1%Cr + B**], previo tratamiento final de temple y revenido alto –*bonificado*– alcanzan, con total fiabilidad y garantía, las características de resistencia y de tenacidad requeridas en las calidades de tornillos **10.9** y **12.9**. Cumplen, sobradamente, las normas establecidas; preferentemente, aquellas piezas y otros elementos de fijación que tengan una importante longitud –**p.e**: *piezas con longitud mayor de* 10 *veces su diámetro*– que pueden bonificarse, para alcanzar con toda seguridad, los niveles de resistencia exigidos en servicio.

Los resultados que hemos presentado indican que los aceros **32CrB4** y **36CrB4** se pueden utilizar, ventajosamente, en la fabricación de tornillos de las calidades **10.9** y **12.9**; y son, por tanto, alternativas muy apropiadas a los aceros de construcción clásicos **34Cr4** y **34CrMo4**.

BIBLIOGRAFÍA

1. P. M. Corcuera y Carlos Bertrand.
"La templabilidad del boro".
Información interna Acenor I+D S.A. Junio 1989.

2. D. T. LleWellyn, W. T. Cook.
"Metallurgy of boron treated low-alloy steel".
Metals Technology, 1974.

3. Manuel A. Martínez Baena.
"Aceros al boro para tornillería de alta resistencia y su tratamiento térmico".
Jornadas Nacionales de Calidad en Siderurgia 85: **El acero en la industria del automóvil**. Valencia, mayo del 1985.

4. Serosh J. Engineer, Helmut FinKler, Helmut Gulden, Hermann Kohler und Karl Sartorius: "Aceros con 1% de cromo y boro para tornilleria de alta resistencia".
Conferencia en el marco de la sesión de la Subcomisión de Aceros de Construcción. Dusseldorf mayo de 1990.

5. Sumitomo Metal Industries LTD. "High bolts for automoviles". Año 1981.

6. Ne Xinlai, Chu Yonyi, Ke Jun.
"The hardenability of boron steel and the segregation of B".
Iron and Steel Technologi, 1983.

Datos tecnológicos y orientaciones. Aceros y tratamientos térmicos. Prontuario metalotécnico. Fundamentos (Parte I)

Por Baltasar Martínez Arcas

Introducción

Este estudio ha sido elaborado gracias a la muy eficaz labor emprendida por ASAMMET, con sede en E.T.S.E.I.A.T. de Terrasa, que con el entusiasmo de todos los componentes que formamos esta Asociación de Amigos de la Metalurgia me brinda presentar este recopilatorio e introducir de una forma sencilla y apasionante a la vez, la importancia del ACERO Y SU TRATAMIENTO TÉRMICO.

Este equipo de amigos metalúrgicos, en quien me complazco participar y ser uno de ellos, lo han formado: D. Juan Martínez Arcas, D. Manuel Martínez Baena, D. Juan Antonio Tardío Torío, Dª Nuria Salán, D. Manuel Rivas Cabezuelo, D. Francisco Borrego Pastor, D. Lluis Gerard Carreras Gil, D. Jordi Jorba Peiró, D. Frank Badía, D. Baltasar Martínez Arcas, D. Francesc Montolá Guitart y D. José Angel Requena Ezquerra.

A todos deseo expresar mi profunda gratitud y afecto.

Y por supuesto a mi hermano Juan, que sin su apoyo desde mi infancia me enseñó AMAR A LOS ACEROS Y SUS TRATAMIENTOS, y que con su "buen saber hacer", no hubiese sido posible realizar este estudio.

Producir aceros y realizar procesos de Tratamientos Térmicos, es tanto una ciencia como un arte.

Transformar chatarra, elementos de aleación, cambiar sus características, transformar sus estados... también es una ciencia, como un arte, destinado a satisfacer los altos requerimientos de herramentistas y usuarios finales.

El acero, como el T.T. NO NACE, sino que: SE HACE.

Martinete de la "Farga", Taller de "Clavetaria".

Los personajes de la "Farga Catalana".

LOS PRIMEROS ACEREROS

Como el hierro se corroe fácilmente, no se conservan piezas muy antiguas que sirvan de pista para localizar a los primeros fundidores de hierro que supieron explotar los primeros minerales ferrosos. Los minerales ferrosos son mucho más abundantes en la Tierra que el hierro meteórico, sin embargo las técnicas para aprovecharlos son mucho más complicadas.

Para aprovechar el hierro meteórico solamente hay que conformarlo a base de martillazos, inclusive en algunos casos no hay necesidad de calentarlo. Los minerales ferrosos, por el contrario, son una mezcla de óxidos de hierro y una cantidad variable de otros compuestos de donde la separación del hierro no es nada fácil. Es probable que de manera accidental los antiguos hayan descubierto pequeños trozos de hierro en residuos de fogatas donde se quemó leña en abundancia en contacto con rocas de alto contenido férrico. Esto es concebible porque el hierro ocupa el cuarto lugar en abundancia en la corteza terrestre después del oxígeno, el silicio y el aluminio.

La acción del monóxido de carbono producido durante la combustión de la leña pudo haber servido para retirar el oxígeno de los óxidos de hierro. Por este mecanismo, las rocas se convertirían en piezas de hierro poroso que ahora se conoce como hierro esponja. Cuando el hierro esponja se encuentra al rojo vivo en contacto con las brasas, en los poros se acumula una escoria líquida que los antiguos eliminaban martillando al hierro esponja en un yunque. Como producto se obtenía un hierro forjado bastante puro. Se conocen piezas muy antiguas cuyo contenido aleante era inferior al 0.1% y con menos del 3% de escoria atrapada en los poros.

Hasta aquí los antiguos tenían hierro, no acero. Hay indicios de que alrededor del año 1.200 a.C. ya se sabía cómo convertir la superficie del hierro forjado en acero. Una vez conformada un hacha de hierro forjado, por ejemplo, se empacaba en medio de carbón de leña molido. El paquete se mantenía en un recipiente al rojo vivo durante varias horas para que el carbono de la leña se difundiera hacia el interior del hacha, formando una capa dura de acero (hierro + carbono) alrededor de una matriz de hierro.

A la luz de lo que ahora se enseña desde la secundaria, los procedimientos que empleaban los antiguos eran muy claros. Si el hierro en los minerales está oxidado, hay que sacarle el oxígeno, y que mejor que el monóxido de carbono, al cual le gusta el oxígeno para convertirse en bióxido de carbono.

Sin embargo, para los antiguos, que no sabían que existía el oxígeno, que no tenían el concepto de elementos o reacciones químicas, el asunto era sumamente oscuro. La magia y la metalurgia no tenían frontera.

Entre los antiguos, el hierro era considerado de origen celeste, sideral. Algunos pensaban que el cielo era una bóveda de donde se desprendían los meteoritos. Los herreros eran señores del fuego, brujos, chamanes, capaces de lograr una transmutación que hacía aparecer el material de los cielos en la Tierra.

¿Cómo localizar un mineral de hierro? Hoy en día, desde los satélites, se pueden rastrear a gran velocidad los recursos minerales de países enteros. Existen equipos de análisis que detectan los elementos presentes en las rocas, con precisión y velocidad sorprendentes. En ausencia de los equipos modernos, y de muchos que los precedieron, los antiguos estaban a merced del apoyo divino. Al mineral se le asociaba un comportamiento de animal, que se mueve, se esconde y siente atracción por algunos humanos y repulsión por otros y se creía que el herrero estaba dotado de poderes mágicos que le permitían ir a la caza de minerales.

La extracción de los minerales era vista como una alteración a un proceso de gestación. La madre Tierra, en sus entrañas, contenía embriones que en un futuro lejano se convertirían en hierro. Sólo un brujo, un señor del fuego, podía extraer ese embrión y trasplantarlo a una nueva matriz, el horno, donde se aceleraría el nacimiento del hierro.

Claro que los principales responsables de la nube mitológica que oscurecía la metalúrgica eran los propios herreros. Ellos mismos, en su condición de nómadas en búsqueda de nuevos minerales, se encargaron de difundir sus ritos y misterios.

El hierro tuvo que dar una batalla importante antes de sustituir al bronce como material para la fabricación de herramientas y armas. Durante cerca de dos milenios, cerca del año 1.200 a.C., las aleaciones basadas en el cobre, entre ellas el bronce, eran preferidas en lugar del hierro. De hecho, el bronce tenía propiedades superiores. El bronce inicialmente se producía aleando el cobre con el arsénico, porque muchos minerales contenían estos dos elementos a la vez. El arsénico se agregaba al cobre, dando lugar a un material de resistencia, superior que se ha caracterizado como "bronce natural". Más adelante, en lugar de arsénico se empleó el estaño para producir el bronce. El bronce es bastante más duro que el hierro esponja, de modo que por mucho tiempo este último fue poco atractivo. Además el bronce se podía fundir y vaciar en moldes a temperaturas relativamente accesibles alrededor de los 1.000 °C. Esto era imposible con el hierro esponja, que se funde a los 1.537 °C.

Algunos investigadores creen que el hierro no sustituyó al bronce debido a un avance en el proceso tecnológico, sino porque por alguna razón el bronce escaseó. Es concebible que el suministro europeo de estaño se haya interrumpido. De hecho, el cobre y el estaño son mucho menos abundantes en la corteza terrestre que el hierro y el carbono.

El proceso de "aceración" del hierro, se dice, surgió por la necesidad de contar con un material tan fuerte como el bronce. El efecto del carbono en el endurecimiento del acero se compara con el efecto del estaño en el cobre en la figura 1. Para tener una ventaja notoria sobre el bronce, los herreros tuvieron que ingeniárselas para introducir un 0.4% de carbono en el hierro. Esto no es nada fácil. Como ya se dijo antes, los herreros antiguos empacaban a los objetos de hierro en polvo de carbón de leña y los metían en un horno para que el carbono se difundiera en el hierro. A temperaturas tan altas como 950°C, toma nueve horas formar una corteza de acero (con 0.5% de carbono) de 1.5 mm de grueso alrededor de la pieza de hierro. Este proceso,

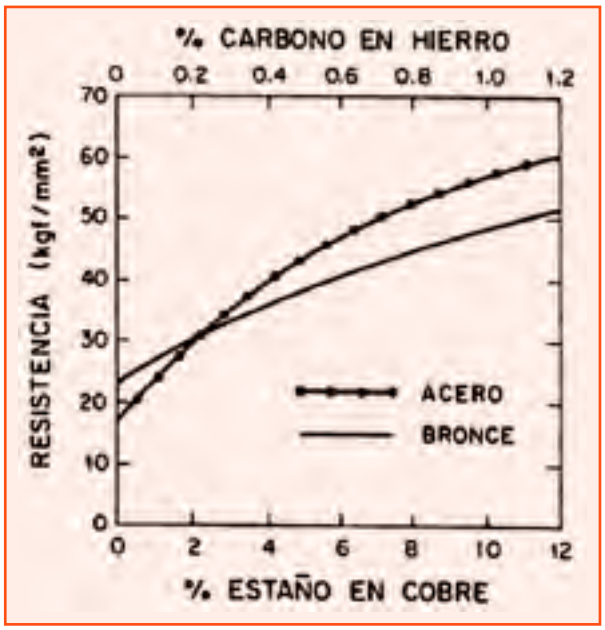


Figura 1. Curvas de la resistencia del bronce y del acero como función del contenido de estaño y de carbono respectivamente. Cuando el contenido de carbono en el acero supera el 0.4% se empieza a notar una ventaja sobre el bronce.

con algunas variantes, todavía se emplea en la actualidad y se conoce como cementación.

Al emerger la civilización de la oscuridad de la Edad Media, todavía la cementación era el método más generalizado para convertir la superficie del hierro forjado en acero. Para introducir las capas de acero en el interior de una espada, se tomaba una barra de hierro y se cementaba; luego se martillaba hasta alcanzar el doble de su longitud inicial; se doblaba de modo que una mitad quedara encima de la otra y se martillaba al rojo vivo hasta que soldaran las dos mitades, quedando en el interior una capa de acero. El proceso se repetía hasta que la hoja de espada tuviera una textura similar a la de un pastel de mil hojas. En sables japoneses se han encontrado, efectivamente, varios miles de capas. Esto no quiere decir que el proceso anterior se tenga que repetir miles de veces. Como las capas se multiplican exponencialmente al aumentar el número de dobleces, bastan 12 dobleces para lograr más de 4.000 capas (212). Pero 12 dobleces cuestan mucho trabajo y energía. Cada cementación puede tomar una jornada de trabajo y grandes cantidades de carbón de leña. Los herreros europeos hacían solamente uno o dos dobleces.

No fue sino hasta 1740 que el mundo occidental redescubrió el método del crisol para producir acero. Por esas fechas, un relojero y cirujano amateur llamado Benjamín Huntsman tenía asombrados a sus competidores por la textura tan uniforme de sus aceros. Huntsman se cuidaba muy bien de guardar el secreto de su método, para que nadie, con excepción de él y sus ayudantes, lo conociera.

Pero uno de sus competidores, vil y astuto, se valió del chantaje al espíritu humanitario. En una noche de tormenta fingió estar atrapado por la lluvia y pidió refugio en el taller de Huntsman. La tradición de la época imponía moralmente dar el refugio solicitado, de modo que Huntsman no se pudo negar. El espía se asombró de la simplicidad del proceso. Huntsman cementaba pequeños trozos de hierro y los fundía en un crisol. A solidificar, desde luego, el acero resultaba sumamente uniforme. El espía se lamentó de no haber trabajado esta idea tan simple desde mucho antes. La idea, sin embargo, era más vieja de lo que el espía creía; el método del crisol para producir acero se practicaba en varios lugares del mundo desde tiempo inmemorial, incluyendo entre éstos, desde luego, a los talleres indios productores de wootz.

Lo que entorpecía el avance de la tecnología en el acero era la obscuridad en la que se encontraba. En el siglo XVIII se desconocía el motivo por el cual el hierro forjado, el acero y el arrabio eran distintos. No fue sino hasta 1820 cuando Kersten planteó que era el contenido de carbono la razón de sus diferencias. El primer método para determinar con precisión el contenido de carbono en el acero fue desarrollado en 1831 por Leibig.

LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Antes de la revolución industrial, el acero era un material caro que se producía en escala reducida para fabricar armas, principalmente. Los componentes estructurales de máquinas, puentes y edificios eran de hierro forjado o fundiciones. Las fundiciones son aleaciones de hierro con carbono entre 2.5% y 5%. La aleación que contiene el 4.3% se conoce como "eutéctica" y es aquélla donde el punto de fusión es mínimo, 1.130 °C. Esta temperatura es mucho más accesible que la del punto de fusión del hierro puro (1.537 °C). Los chinos ya en el siglo VI de nuestra era, conocían y aprovechaban la composición eutéctica para producir fundiciones en hornos de leña. Eran hornos mayores que los europeos y por su mayor escala podían alcanzar temperaturas superiores a los 1.150 °C. El producto de estos hornos era una aleación líquida llamada arrabio que contenía abundantes impurezas. Por su baja temperatura de fusión, el arrabio servía como punto de partida para la fabricación de hierro fundido, al cual solamente se le eliminaban las impurezas, manteniendo un alto contenido de carbono.

El arrabio, ya en estado sólido, servía también para producir hierro forjado. Usualmente se introducía en lingotes a hornos de carbón de leña, dotados de sopladores de aire. El oxígeno del aire reaccionaba con el carbono y otras impurezas del arrabio, formándose así escoria líquida y una esponja de hierro. El hierro esponja, casi puro, se mantenía sólido y la escoria líquida se removía a martillazos.

La maquinaria básica para el conformado de piezas estructurales se desarrolló mucho antes que la aparición en escala masiva del acero. En Massachusetts, desde 1648, operaban trenes de laminación para producir alambrón y barras de hierro. La laminación consiste en hacer pasar un trozo de metal maleable a través de un sistema de dos rodillos. Al girar los rodillos aplanan al metal. A veces los rodillos tienen acanalados que sirven para conformar barras; o arreglos más caprichosos para producir perfiles en forma de T o I, o alguna otra configuración.

(Continuará)

Este libro es el resultado de una serie de charlas impartidas al personal técnico y mandos de taller de un numeroso grupo de empresas metalúrgicas, particularmente, del sector auxiliar del automóvil. Otras han sido impartidas, también, a alumnos de escuelas de ingeniería y de formación profesional.

El propósito que nos ha guiado es el de contribuir a despertar un mayor interés por los temas que presentamos, permitiendo así la adquisición de unos conocimientos básicos y una visión de conjunto, clara y sencilla, necesarios para los que han de utilizar o han de tratar los aceros y aleaciones; no olvidándonos de aquéllos que sin participar en los procesos industriales están interesados, de una forma general, en el conocimiento de los materiales metálicos y de su tratamiento térmico.

No pretendemos haber sido originales al recoger y redactar los temas propuestos. Hemos aprovechado información procedente de las obras más importantes ya existentes; y, fundamentalmente, aportamos nuestra experiencia personal adquirida y acumulada durante largos años en la docencia y de una dilatada vida de trabajo en la industria metalúrgica en sus distintos sectores: aeronáutica –motores–, automoción, máquinas herramienta, tratamientos térmicos y, en especial, en el de aceros finos de construcción mecánica y de ingeniería. Por tanto, la única justificación de este libro radica en los temas particulares que trata, su ordenación y la manera en que se exponen.

Iniciamos, pues, estas publicaciones con el volumen I:
"PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS".

Manuel A. Martínez Baena
José Mª Palacios Repáraz

Disponible el libro de los Tratamientos Térmicos, uno de los libros más esperados dentro del Sector, por sólo

30 euros

El precio incluye IVA, gastos de envío aparte.

Índice general

Presentación ... 7

Prólogo ... 9

PARTE 1. INTRODUCCIÓN A LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS ... 17

I. Conceptos fundamentales ... 19
Introducción ... 19
Estados alotrópicos del hierro y puntos críticos ... 19
Carburos de hierro. Cementita ... 22
Diagrama hierro-carbono ... 23
Diagrama de transformación isotérmica de la austenita. Diagramas TTT ... 30
Diagrama de transformación en enfriamiento continuo. Diagramas TEC ... 38
Templabilidad ... 39
Ensayo de templabilidad Jominy ... 42
Bandas de templabilidad ... 44

PARTE 2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES ... 49

II. Tratamientos térmicos básicos de los aceros ... 51
Introducción ... 51
Ciclos de tratamiento térmico ... 51
Calentamiento ... 51
Tiempo a la temperatura de tratamiento ... 53
Enfriamiento ... 53
Tratamientos térmicos básicos más utilizados ... 53
Normalizado ... 56
Recocidos ... 57
Recocido de regeneración ... 58
Recocido globular ... 59
Recocido subcrítico ... 61
Temple ... 64
Calentamiento ... 65
Mantenimiento a temperatura de austenización ... 65
Enfriamiento ... 66
Factores que influyen en la práctica del temple ... 66
Etapa del vapor ... 71
Etapa de ebullición ... 73
Etapa de convección ... 74
Clases de temple ... 76
Revenido ... 80
Factores que influyen en el revenido ... 81
Fragilidad de revenido ... 83
Revenido de la martensita ... 88
Dureza secundaria ... 90
Bonificado ... 91

III. Tratamientos isotérmicos de los aceros ... 93
Introducción ... 93
Austempering. Temple bainítico ... 95
Martempering. Temple diferido martensítico ... 99
Recocido isotérmico ... 100
Patenting. Patentado ... 100
Tratamiento subcero ... 102
Tratamiento criogénico ... 104

PARTE 3. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES ... 105

IV. Cementación ... 113
Introducción ... 113
Mecanismos de la cementación ... 114
Factores que intervienen en la cementación ... 116
Composición química del acero ... 117
Potencial de carbono ... 117
Temperatura de cementación ... 118
Tiempo de cementación. Formación de capa ... 118
Clasificación de los procesos de cementación ... 123
Cementación sólida. Cementación en caja ... 123
Cementación gaseosa ... 125
Cementación líquida ... 129
Mecanizado y tratamientos térmicos de las piezas cementadas ... 133
Otras formas de cementación: (1) Cementación a baja presión; (2) Cementación iónica; (3) Cementación a alta temperatura ... 138

V. Nitruración ... 143
Introducción ... 143
Principios generales comunes a los diferentes procesos de nitruración ... 144
Capa de combinación o capa blanca ... 145
Zona de difusión ... 148
Nitruración gaseosa ... 151
Nitruración líquida o nitruración en sales ... 153
Aumento de volumen ... 156
Otras formas de nitruración ... 157
Nitruración iónica ... 158
Sulfocarburación ... 160
Nitrocarburación ... 164
Oxinitrocarburación ... 169
Recubrimientos superficiales mediante deposición de capas duras ... 172

VI. Carburación ... 175
Introducción ... 175
Características del proceso de carburación ... 177
Atmósferas carburantes empleadas ... 177
Temperatura de carburación ... 178
Características y naturaleza de las capas carburizadas ... 178
Tratamientos térmicos utilizados ... 180
Durezas superficiales alcanzadas ... 180
Ciclos tipo de carburización ... 182
Ventajas e inconvenientes de la carburización con respecto a la cementación ... 182
Austenita retenida en la superficie de las piezas carburizadas ... 183
Aceros que normalmente se utilizan en la fabricación de piezas que después tengan que sufrir el tratamiento de carburización ... 185

VII. Temples superficiales ... 187
Introducción ... 187
Características de la capa superficial endurecida ... 188
Temple a la llama. Flameado ... 190
Temple por inducción ... 193
Temple superficial por rayos láser ... 198
Calidad de los aceros para temple superficial ... 200

Consideraciones finales ... 203

Bibliografía ... 205

Para más información:
Teléfono: 917 817 776
e-mail: pedeca@pedeca.es

EMPRESA	Control temperatura	Gases	Hornos de...	Lubricantes	Medidas	Microscopia	Quemadores	Refractarios	Software control	Útiles para hornos	Otros
ABELLO LINDE, S.A.		■					■				
ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.											Granalladoras de turbina, equipos de chorreado en seco, chorreado en húmedo vaqua, lavadoras y túneles de desengrase.
ACEROS Y SERVICIOS INTEGRADOS, S.A.			Distensionado, recocidos, tamaño del horno 6 x 2 x 1,5 metros								Aceros especiales tanto en chapa entera como transformada a oxicorte, sierra, laser, plegadas.
AEM, ANÓNIMA DE ELECTRÓNICA Y MAQUINARIA			Inducción								
AFC - HOLCROFT			Tratamiento térmico								
AFE CRONITE										■	Parrillas, cestas, rodillos, muflas, turbinas, montajes para hornos, ...
AFORA, S.A.			Mufla, tubulares, etc.								
AL AIR LIQUIDE		■									Soldadura en horno y galvanizado.
ALPE METROLOGÍA INDUSTRIAL, S.L.	■				■				■		Suministro y calibración de sensores. Ensayos de uniformidad en hornos.
ALVALAI, S.L.											Distribución de aislamiento térmico tales como fibra cerámica y de vidrio para altas temperaturas en todo tipo de hornos.
AMBRELL											Equipos de calentamiento por inducción.
ANINGAS, S.A.											Calderas vapor y aceite térmico.
APLITEC, S.L.	■		Vacío, atmósfera controlada					■	■	■	Hornos de vacío para nitruración, temple gas y aceite, cementación, soldadura, brazing, horno atmósfera de temple aceite, sales, utillajes de fundición, mecanosoldado, sonda de oxígeno, cfc...
ARROLA, HORNOS Y SERVICIOS			Tratamiento térmico						■	■	
BAUMER BOURDON HAENNI					■						Instrumentación industrial.
BAUTERMIC, S.A.	■		Todo tipo				■	■		■	Estufas para todo tipo de tratamiento.
BEORTEK, S.A.	■	■	Mufla		■	■			■		Metalografía, metrología.
BIOMETA, S.A.			Laboratorio								Equipos y consumibles para preparación metalográfica.
BOSCH REXROTH									■		
BRL											Rodamientos temperatura.
BRUGAROLAS, S.A.				■							

EMPRESA	Control temperatura	Gases	Hornos de…	Lubricantes	Medidas	Microscopia	Quemadores	Refractarios	Software control	Útiles para hornos	Otros
BÜRKERT CONTROMATIC, S.A.	■	■									Electroválvulas, válvulas de regulación, instrumentación y sistemas de control de gases de combustión.
CARBUROS METÁLICOS		■									
CERAMIFRAC, S.L.								■		■	
CHEVRON ESPAÑA, S.A.				■							Grasas.
COFI SPA			Tratamiento térmico								
COMERCIAL DE INGENIERÍA DAGA	■				■	■				■	
COMERCIAL SATEC				■							Pinturas protectoras, polímeros de temple, agentes limpiadores.
COMTESA			Cinta, golpe, de sales								Cintas metálicas para hornos de tratamiento térmico.
CONTRATER CONSULTING, S.L.	■		Tratamiento térmico				■	■	■	■	Recambios para hornos y hornos de segunda mano.
CRC INDUSTRIES IBERIA S.L.U.				■							
DILUBE, S.A.				■							
DUGOPA, S.A.	■		Tratamiento térmico	■			■	■			
ECLIPSE COMBUSTIÓN, S.A.	■						■		■		
EFD INDUCTION, S.L.			Calentamiento por inducción							■	Útiles para hornos de calentamiento por inducción.
EIZEN, S.A.											Tratamientos termoquímicos superficiales.
EMERSON PROCESS MANAGEMENT	■	■			■				■	■	Instrumentación de nivel, caudal, presión, temperatura, análisis de líquidos, análisis de gases y cromatografía de gases, sistema de control de procesos, sistema de inteligencia predictiva, sistema control de aguas y generación de energía eléctrica, arquitectura digital de planta, Smartwireless y medidores Coriolis de caudal y densidad.
EMISON MEDI AMBIENT			Tratamiento térmico								
ENERGON, S.L.	■		Tratamiento térmico					■	■	■	Resistencias.
ENI	■				■				■	■	Mantenimiento de instrumentación y control. Calibración de equipos. Instalación de control y automatismos de procesos. Sondas de temperatura y equipos de instrumentación.

EMPRESA	Control temperatura	Gases	Hornos de...	Lubricantes	Medidas	Microscopia	Quemadores	Refractarios	Software control	Útiles para hornos	Otros
ENTESIS TECHNOLOGY, S.L.	■		Nitruración, cementación		■				■		Resistencias eléctricas alta temperatura (MoSi2, CSi, metálicas...), fibras aislantes, sondas temperatura, reguladores, thyristores, registradores, analizadores de gases, sondas de oxígeno, automatización de hornos, pruebas de uniformidad de temperaturas (TUS -AMS27501), Calibraciones...
EQUIREPSA											Intercambiadores de calor: Intercambiadores tubulares, intercambiadores en espiral, mezcladores estáticos, aerocondensadores, condensadores a vacío...
ESI GROUP HISPANIA, S.L.											Software simulación.
ESTA EXTRACCIÓN, S.L.		■									Filtración.
EUCON, S.A.	■	■							■		Control de gases.
EUROMÁQUINA, S.A.			Todo tipo para tratamientos térmicos								Hornos intermitentes, fijos, móviles, de solera, de campana, eléctricos o a gas.
EUROTHERM ESPAÑA	■		Tratamiento térmico		■				■	■	Variadores de velocidad, registradores de papel y digitales, controladores de proceso. Tiristores.
E. VILA PROJECTS & SUPPLIES, S.L.			Infrarrojo								Tubos de cuarzo, mirillas de cuarzo para captación temperatura.
FILINOX - FLEXINOX, S.A.								■		■	Muflas, tubos radiantes, retortas, soportes.
FISA IBÉRICA, S.L.											Máquinas de limpieza industrial por ultrasonidos.
FISCHER INSTRUMENTS, S.A.											Instrumentos para la medición del espesor y la composición de recubrimientos. Instrumentos para el análisis de materiales. Instrumentos para la determinación del contenido de ferrita.
FISCHER SCIENTIFIC AFORA	■		■			■					
FLAXMER, S.A.	■						■				
FORNS HOBERSAL, S.L.	■	■	Tratamiento térmico					■	■	■	Hornos de vacío, temple, revenido, recocido, basculante cinta transportadora, atmósfera controlada, crisol. Alta temperatura 1.900 °C. Estufas alta temperatura 500 °C.
FORNS INDUSTRIALS VALLS VULLIEN, S.L.											Mantenimiento integral.
GD APARATOS		■					■				Chemtane 2, gas industrial para procesos que requieren alta temperatura de llama en oxígeno.
GE INSPECTION TECHNOLOGIES											Medidores portátiles de dureza, medidores de espesor de capa de temple (ultrasonidos).
GH ELECTROTERMIA			Inducción								Equipamientos de calentamiento por inducción en general.
GHI - HORNOS INDUSTRIALES			Tratamiento térmico y fusión								

EMPRESA	Control temperatura	Gases	Hornos de…	Lubricantes	Medidas	Microscopia	Quemadores	Refractarios	Software control	Útiles para hornos	Otros
GRUPO PIROVAL			Todo tratamiento								Secaderos especiales.
HEINE INDUCTION, S.L.											Reposición inmediata de bobinas inductoras para tratamientos térmicos.
HERAEUS, S.A.			Secado								Hornos de secado. Hornos de secado de lacas y material inflamable. Hornos de vacío. Hornos de alta temperatura. Hornos de contínuo. Hornos anti-explosivos. Esterilizadores por aire caliente.
HINGASA			Tratamiento térmico								
HORIBA SCIENTIFIC											Espectrómetros, Profiler HTP, espectrómetro de descarga luminiscente dedicado a tratamiento térmico.
HORNOS ALFERIEFF (HEA)			Industriales								Instalaciones térmicas para procesos productivos de la industria en general.
HORNOS DEL VALLÉS	■		Gas y eléctricos								Hornos para recocido, temple, revenido, soldadura, sinterizado.
HORNOS INDUSTRIALES PUJOL	■		Metalurgia				■	■	■	■	
HORNOS Y METALES, S.A.	■						■	■		■	Aislantes.
HOT			Tratamiento térmico								Fabricación, reparación y asesoría de hornos de tratamiento térmico y equipos auxiliares.
HOUGHTON IBÉRICA											Aceites, polímeros y sales para el tratamiento térmico.
HWG			Tratamiento térmico								Fabricación de equipos de tratamien-to térmico.
INDUSTRIAL JOGUI, S.A.			Convección, ultra-violeta, infrarrojos.								
INDUSTRIAL QUÍMICA METALÚRGICA, S.L.											Sales para tratamiento térmico.
INDUSTRIAS ELÉCTRICAS HERGOROS, S.L.											Calentadores por inducción.
INDUSTRIAS ELÉCTRICAS SOLER	■	■						■			Solución completa, desde una simple resistencia hasta el diseño y realización de cualquier unidad de producción térmica industrial, su control y regulación.
INFAIMON, S.L.	■					■			■		Cámaras térmicas.
INPE, S.L. - INGENIERÍA Y PROYECTOS ENERGÉTICOS, S.L.			Tratamiento y calentamiento								Transformación y mejora de instalaciones exis-tentes.
INSERTEC - INGENIERÍA Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.A.			Tratamiento tér-mico. Procesos BAEH y continuos					■			Equipos auxiliares para instalaciones térmicas.

EMPRESA	Control temperatura	Gases	Hornos de…	Lubricantes	Medidas	Microscopia	Quemadores	Refractarios	Software control	Útiles para hornos	Otros
INSTRUMENTOS TESTO, S.A.	■										Gases combustión. Instrumentos de medición. Medición puntual, transmisores y registradores de temperatura, humedad y presión diferencial.
INTERBIL			Tratamiento térmico		■		■	■	■	■	
IPSEN			Vacío y atmósfera								Instalaciones continuas, generación de atmósferas, control de procesos.
KALFRISA											Recuperadores de calor.
KOBOLDMESURA, S.L.U.	■	■			■						Caudal, nivel, presión, análisis…
KOSMON	■		Temperatura					■	■	■	
KROMSCHROEDER, S.A.							■			■	
LANA SARRATE, S.A.	■										Medición de temperatura por infrarrojos.
LAND INSTRUMENTS INT.	■										
LAYFIL, S.L.											Fabricante mangas filtrantes, cartuchos y jaulas para filtros de captación de polvo y gases. Mantenimientos integrales de filtros.
LENARD BCN, S.L.											Tejidos técnicos de protección laboral orientados a la industria de los metales fundidos y a la petroquímica, propiedades ingnífugas y antiestáticas permanentes.
MOELCO APLICACIONES INDUSTRIALES, S.L.			Tratamiento térmico para cementación, carbonitruración, temple y revenido. Y para el sinterizado de metales								Generadores de atmósfera controlada. Control y automatización de operación de carga/descarga.
MTC			Tratamiento térmico								
NABERTHERM IBÉRICA, S.L.			Temple, revenido, vagoneta, aire circulante, vacío, estufas						■	■	Fundición, temple, revenido, estufas, hornos de vacío, hornos para MIM/CIM, muflas de laboratorio.
NEDERMAN IBÉRICA, S.A.											Soluciones para la extracción localizada de gases, humos y polvos tóxicos y nocivos en la industria.
OERLIKON LEYBOLD VACUUM SPAIN, S.A.											Bombas, sensores, conexiones y válvulas de vacío. Equipos de experimentación (sputtering, evapora dor térmico, etc.), aceites de vacío.
OLIPES, S.L.				■							
OMROM ELECTRONICS IBERIA SAU	■				■				■		Autómatas programables - Plc's, variadores de frecuencia, seguridad y control de maquinaria, etc.

EMPRESA	Control temperatura	Gases	Hornos de…	Lubricantes	Medidas	Microscopia	Quemadores	Refractarios	Software control	Útiles para hornos	Otros
ONDARLAN - HWG			Tratamiento térmico								
OTTO JUNKER GMBH	■		Inducción y de gas para fusión y tratamiento						■	■	
PIROVAT SISTEMAS, S.L.	■									■	Fabricación sensores de temperatura.
PRAXAIR ESPAÑA, S.L.		■									Cuadros de control de atmósferas para hornos. Instalaciones de gases.
PROCON, S.L.	■	■	Laboratorio y grafito		■		■		■		
PROYCOTECME, S.L.	■	■	Tratamiento térmico		■		■	■	■	■	Reparación, mantenimiento, automatización, modernización, traslado instalaciones, asesoramiento, compra-venta hornos segunda mano.
REFRACTARIOS TEIDE, S.A.								■			
REPRESENTACIONES EUROMAHER, S.L.											Robots.
RESISTENCIAS TOPE	■									■	Fabricación a medida de resistencias eléctricas calefactoras y sondas de temperatura.
ROLLED ALLOYS							■	■			Suministro de aceros refractarios destinados a industria de tratamientos térmicos. Fabricantes de hornos industriales y empresas con procesos térmicos. Chapas, piezas cortadas a medida, barras, tubos. Calidades RA330, RA 333, 310 S, 253MA, 800HT 446, 410, 321, 601, 600, 602 CA.
SAINT GOBAIN IDAPLAC-IDAGLAS											Aislamientos térmicos y acústicos. Protección pasiva contra incendios.
SALVIO BUSQUETS, S.A.	■								■		
SANDVIK ESPAÑOLA - DIVISIÓN KANTHAL								■		■	Resistencias, aislantes, transformaciones de hornos, análisis y simulaciones de procesos térmicos.
SEREETRON INFRARED, S.L.	■										Pirómetros ópticos, cámaras termográficas, cuerpos negros de referencia.
SGL GELTER, S.A.											Productores de grafito y material aislante para hornos: fieltro flexible y filtro rígido.
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA, S.L.											Equipos para depurar aguas residuales. Decapado neutro de óxido de hierro.
SISTEMAS REGULACIÓN Y CONTROL, S.L.	■								■		
S.A. DE HORNOS AUTOMÁTICOS			Tratamientos secado				■			■	
SODECA, S.A.											Ventiladores industriales.

EMPRESA	Control temperatura	Gases	Hornos de...	Lubricantes	Medidas	Microscopia	Quemadores	Refractarios	Software control	Útiles para hornos	Otros
SULZER METCO											Equipos para obtención recubrimientos.
SUMELCO	■								■		Módulos de comunicación de datos y alarmas vía Ethernet GPRS, módem. Pirómetros ópticos para medición de piezas, procesos de temperatura de cero, forja, fundición. Equipos datalogger para captura de datos en tiempo real con alta capacidad de muestreo y me morización de temperatura, señales analógicas-digitales. Comunicaciones Profibus.
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL	■										
SUNTEC MAQUINARIA TÉCNICA			De nitruración, vacío, precalentamiento y cementado.								
TALLERES DE PLENCIA	■		Tratamiento térmico y de gases								
TECNYMAT ACEROS, S.L.							■			■	Aceros refractarios y productos de fundición.
TECRESA - TÉCNICAS DE REFRACTARIOS								■			
THERMAL CERAMICS ESPAÑA, S.L.								■			
TIERRA TECH, S.L.											Equipos y sistemas de limpieza por ultrasonidos.
TOTAL ESPAÑA, S.A.U.				■							
T.P.E. KEMMEN, S.L.											Bandas metálicas, rodamientos y soportes para alta temperatura.
UNIFRAX LIMITED SUCURSAL EN ESPAÑA											Fibras aislantes para alta temperatura.
VALLS-CARRAS, S.L.			Todo tipo							■	Montaje refractario.
VERKOL				■							
WD-40 COMPANY, LTD.				■							Marcas: WD-40 y 3 en uno.
WHEELABRATOR GROUP											Maquinaria para tratamiento de superficies (granalladoras, chorreado ras, acabado por vibración) que engloba el tratamiento térmico.

Aquí se encuentran las compañías que nos han contestado en fecha, marcando qué productos o maquinaria tienen para el sector. No están todos, es posible que alguno falte, algún motivo en la recepción de sus datos ha hecho que no entrara a tiempo.

Se Vende

- Horno continuo Guinea Shaker-S30 de 30 kW y 50 kg de producción hora, el horno está funcionando y recién reparado.
- Horno de nitruración Aube Lindberg 1717 con dos crisoles más regulación, consumo 30 kW, con un diámetro de 550 m/m * 750 m/m.

- Lavadora de tricloroetileno.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS MARGO
C/ MINUTISA, 10 - 47012 VALLADOLID
983-206-113 – E-mail: tratamientosmargo@hotmail.com

SE BUSCA

SIFCO APPLIED SURFACE CONCEPTS,

líder mundial del metalizado electroquímico con brocha, busca un distribuidor en España de nuestros métodos de electrolizado selectivo. Pueden Vds. tomar contacto con nosotros:
E-mail: sifcoasc@sifcoasc.fr

Vendemos fundición completa

Hornos inducción 600 kg/h.
Moldeado Pepset.
Mezcladora, carrusel, recuperadora de arena, desmoldeadora, horno de recocido, spectrómetro, etc.
Toda o por partes.

Teléfs.: 949 214 288, 660 324 139 y vrise@hotmail.com

Periodista experta en comunicación corporativa y gabinetes de prensa, especializada en I+D y materiales, en las áreas de Fundición, Energía y Medio Ambiente, Salud, automoción y aeroespacial, se ofrece para colaborar en modalidad freelance o contrato.

Tel. 696 165 388 (mcjuncal@yahoo.es)

Empresa metalúrgica Valenciana,

desearía una instalación a ser posible de 2ª mano, para el T.T. hasta los 1.080 ºC de piezas planas, preferentemente hornos de pote para temple y revenido, con posibilidad de incorporar una atmósfera protectora.

Interesados pueden contactar al tfn. 649 174 480 (Gabriel)

BUSCAMOS

Informático que sepa utilizar un programa ERP, Active Directory, Terminal Server. Conocer la actividad del tratamiento de superficie. Saber administrar un servidor.

Realmente buscamos a una persona capaz de administrar un puesto de distribuidor en Barcelona. Tendrá que viajar a Asia, Valencia, Bilbao y Francia (por lo menos 1 ó 2 veces por mes para concretar su negocio en España).

Remuneración: sueldo + comisión sobre el margen comercial.

Sociedad DATAXIOME – telf.: +33 (0)1 48 18 18 10 - Yann BARILE (+33(0)6 42 53 22 03 – yann.barile@protectiondesmetaux.com) o Charles GREGOIRE (+33(0)6 80 33 30 37 – charles.gregoire@protectiondesmetaux.com)

SE VENDE HORNO DE FOSA "NUEVO A ESTRENAR"

Características:

- Calentamiento eléctrico (250 kW).
- Dimensiones 1.750 mm ancho x 2.500 mm largo x 2.500 mm alto.
- Temperatura trabajo 750 °C máx.
- Sistema de recirculación interna.

Teléfono de Contacto: 650 714 800

SE BUSCA DISTRIBUIDOR PARA GENERADORES DE OXÍGENO A PARTIR DEL AIRE PARA SOLDAR EN LA MISMA PLANTA/TALLER (TAMBIÉN PUEDE LLENARSE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN)

TEL: 93 205 0012

MAIL: info@puncernau.net

APLITEC
CODERE SA
ECONOX
RD
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L.

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 - ESPAÑA
TEL.: 94.426.25.22 FAX: 94.426.22.62

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

TALLERES DE PLENCIA, S.L.
HORNOS INDUSTRIALES
www.hornos-tp.com

ROLLED ALLOYS
Rolled Alloys
can handle the heat
Chapa • Tubo • Barra
Varilla • Metal Expandido
Material de Aportancion (Soldadura)
Plasma • Laser • Sierra
Cizalla • Chorro de Agua
Tel: 94 - 657 33 80 | Fax: 94 - 656 51 69
comercial@rolledalloys.es | www.rolledalloys.es

PROYCOTECME
Hornos Industriales Proyectos y Construcción
Especialistas en Tratamiento Térmico
Pol. Ind. Can Castell
c/ Industria, 113 - Nave 1-K
08420 Canovelles (Barcelona) Spain
Teléf.: +34 938 467 984
Fax: +34 938 401 492
www.proycotecme.com

tey
Tratamientos Térmicos
de Aceros Aleados
y
Consulting Técnico - Metalúrgico
Polígono Industrias ARTIA
48291 - ATXONDO - Bizkaia
Tlf.: 94 621 55 90
Fax.: 94 620 23 70
administracion@industriastey.com

tecno piro
-temple -soldadura -recocido -sinterizado -revenido
HORNOS DEL VALLES, S.A.
Mancomunitat,3 08290 CERDANYOLA DEL VALLES
(Barcelona) T/ 93 692 66 12 Fax 93 580 08 27
hdv@tecnopiro.com

EUCON

- AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS.
- ANALIZADORES DE GASES.
- SONDAS DE OXÍGENO PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y COMBUSTIÓN.
- MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURAS EN HORNOS.
- GENERADORES DE NITRÓGENO GASLAB.
- HORNOS: ELTERMA PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y NITREX PARA NITRURACIÓN.

Parque Empresarial Villapark – Av. Quitapesares, 8 nave 8
Apartado 46 – 28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)
Tel.: 916 165 814 - Fax: 916 165 783
E-mail: eucon@grupoeucon.com – www.grupoeucon.com

TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

- Granalladoras de turbina
- Equipos de chorreado
- Lavadoras y túneles de lavado

ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.
Telf. 93 246 10 00 - 93 246 16 01
E-mail: info@aymsa.com
www.aymsa.com

ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TÉRMICO

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 ARCIXAO, 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

Interbil

Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

- 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

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

Terminal Acero, S.L.

AFE CRONITE TECHNOLOGIES

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

AFE Cronite Technologies - Ilárraza, 14 - 01192 ILARRAZA (ALAVA)
Tfno.: 945 293 400 - Fax: 945 293 145
E-mail: M.GARCIA@afecronite.com - www.afecronite.com

METALOGRÁFICA DE LEVANTE S.A.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

SERVICIO Y CALIDAD

- Temple en Vacío
  - Cementación
  - Nitruración, Nipro
  - Carbonitruración
- Temple en Atmósfera Controlada
  - Temples de muelles, series, etc.
- Estabilizados, normalizados, recocidos
  - Deshidrogenados, Recristalización, etc.
- Laboratorio Metalúrgico
  - Espectrometría
- Consulting
  - Recogidas y entregas de material

S. A. METALOGRAFICA

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

NUESTROS SERVICIOS	CAPACIDADES MAXIMAS
TT VACIO DE MOLDES, MATRICES Y HERRAMIENTAS	
CEMENTACIÓN Y CARBONITRURACIÓN	
NITRURACIÓN	
NITROVAC-S® NITROCARBURACIÓN ANTIDESGASTE	
TOUFFER NITRURACIÓN ANTIDESGASTE	
TT ACERO RAPIDO	
HIPERTEMPLE	
BONIFICADO, RECOCIDO Y NORMALIZADO	
QUENPOLT®, NIQUELADO DURO	
OXYNICOR® TT ANTICORROSIVO	
NORYT® RAYADO DURO	
ANALISIS DE MATERIALES	
ASESORAMIENTO METALÚRGICO	
DURPLAN® TEMPLE PIEZAS PLANAS	
TEMPLE DE MOLDE	ø 700 x 2000 mm (Matriz hasta 2000 kg)
NITRURACIÓN / NITROCARBURACIÓN	ø 1000 x 1500 mm
CEMENTACIÓN - CARBONITRURACIÓN - BONIFICADO	1800 x 1000 x 20 mm (Placa hasta 2000 kg)
TEMPLE EN PRENSA	Placas finas hasta 1000 mm

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

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

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@terra.es

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

- Laboratorio de ensayo de materiales : an lisis qu micos, ensayos mec nicos, metalogr ficos de materiales met licos y sus uniones soldadas.
- Soluci n a problemas relacionados con fallos y roturas de piezas o componentes met licos en producci n o servicio : calidad de suministro, transformaci n, conformado, tratamientos t rmico, termoqu mico, galv nico, uniones soldadas etc.
- Puesta a punto de equipos autom ticos de soldadura y rob tica, y temple superficial por inducci n de aceros.
- Cursos de fundici n inyectada de aluminio y zamak con pr ctica real de trabajo en la empresa.

Ipsen

Solución total con un único proveedor

PROGRAMA DE FABRICACIÓN:

- Hornos de atmósfera de una o varias cámaras.
- Hornos de vacío horizontales y verticales.
- Instalaciones continuas de atmósfera.
- Instalaciones continuas de vacío.
- Generación de atmósferas para procesos.
- Control y automatización de procesos.
- Investigación, fabricación, servicio postventa, formación.

Ipsen International GmbH
Flutstrasse 78 – 47533 Kleve, Alemania – Teléfono 0049-2821-804-518
www.ipsen.de

INDICE de ANUNCIANTES

ABRASIVOS Y MAQUINARIA . . . 46
ACEMSA 47
AFE CRONITE 46
APLITEC 45
ARROLA 3
BAUTERMIC 19
BMI 45
CERAMIFRAC 44
COMERCIAL SATEC 15
ENTESIS 44
EUCON 46
FERBOSSA 7
FISCHER INSTRUMENTS 44
FLEXINOX 45
HERAEUS 7
HORNOS ALFERIEFF . . . . . PORTADA
HORNOS DEL VALLÉS 13
IDINOVA . . . . . Contraportada 2
INDUSTRIAS TEY 45
INSERTEC 47
INSTRUMENTOS TESTO 47
INTERBIL . . . . . Contraportada 4
IPSEN 5
LIBRO TRATAMIENTOS TÉRMICOS . 35
METALOGRÁFICA DE LEVANTE . 46
MIDEST 17
PROYCOTECME 45
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
ROLLED ALLOYS 45
S.A. METALOGRÁFICA 46
SECO WARWICK 11
SPECTRO 9
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL 47
TALLERES DE PLENCIA 45
TECNYMAT 9
TRATAMIENTOS TÉRMICOS ESPECIALES 47

Próximo número

NOVIEMBRE

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.