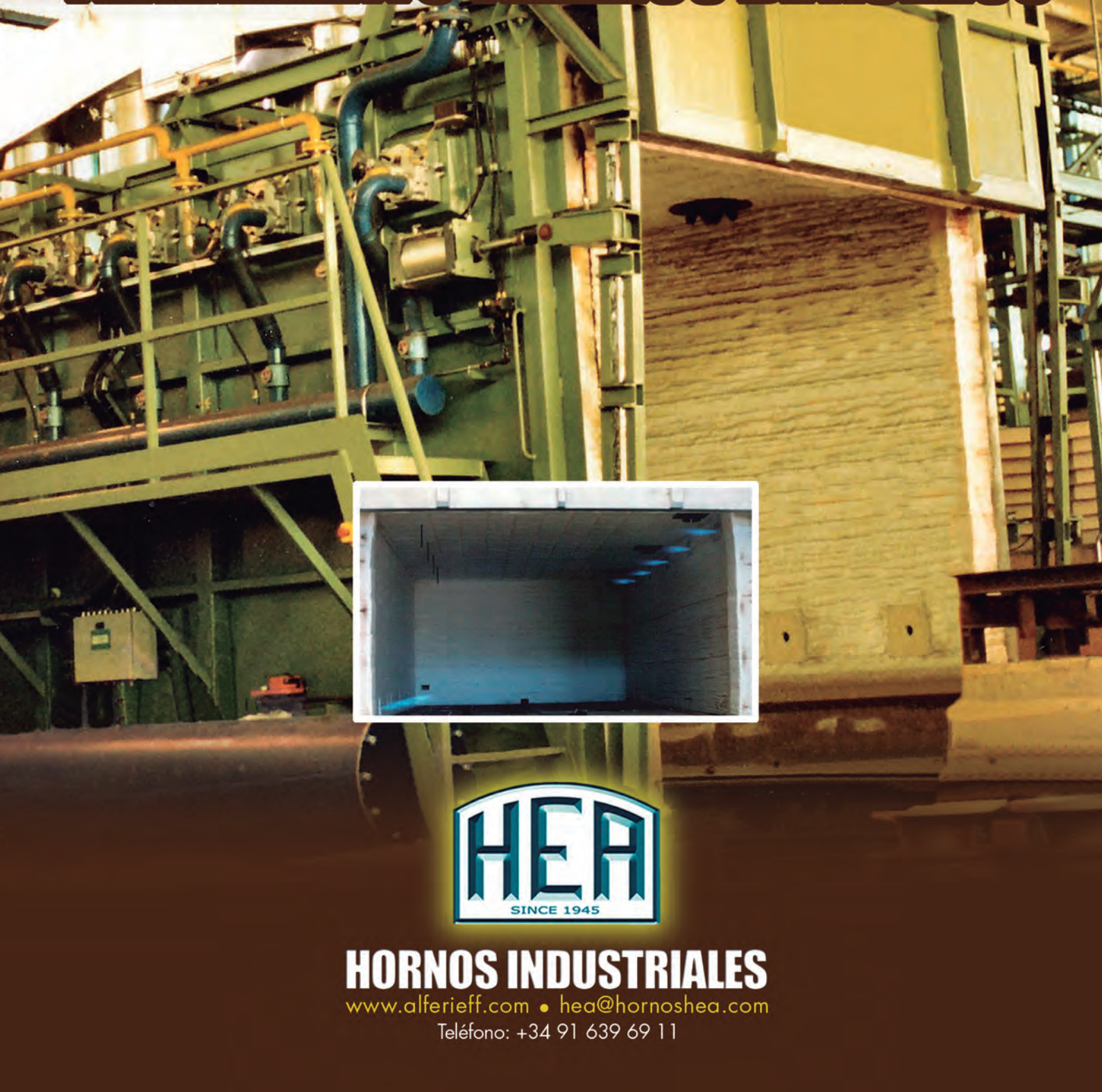
TRATER Press
FEBRERO 2020 • Nº 75
REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO
www.pedeca.es

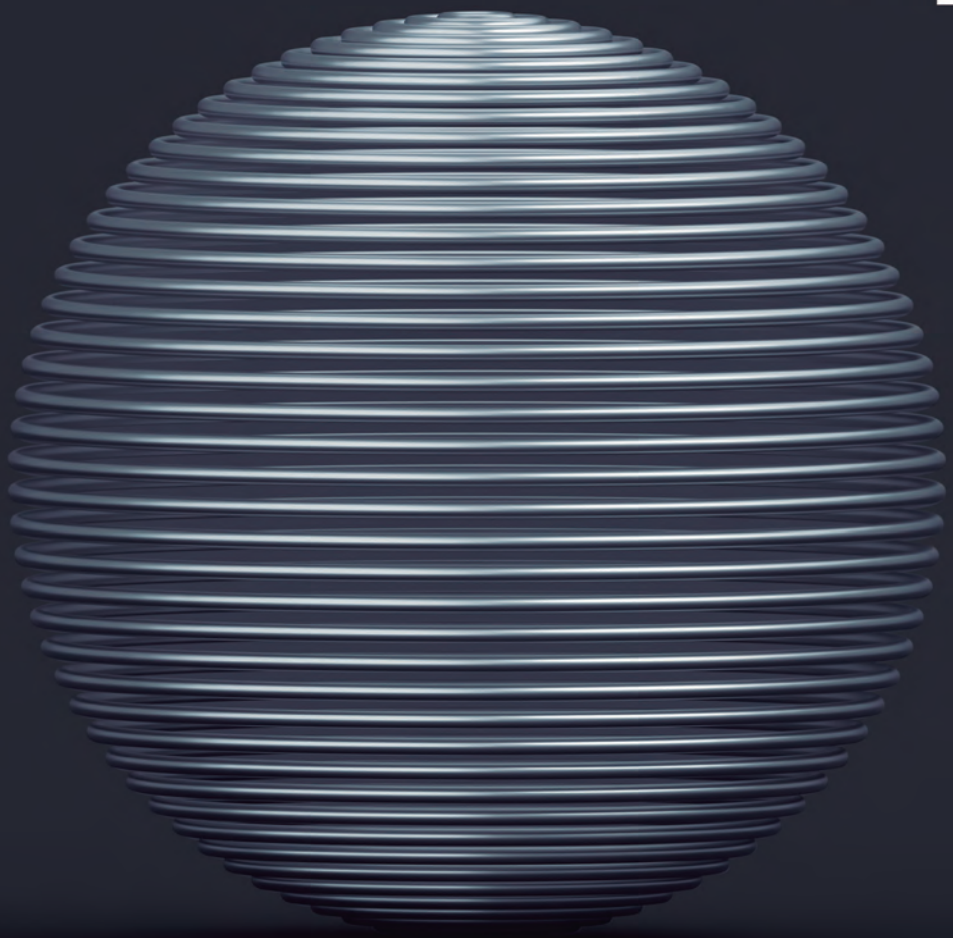
HORNOS A GAS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO DE ACEROS



HEA
SINCE 1945
HORNOS INDUSTRIALES
www.alferieff.com • hea@hornoshea.com
Teléfono: +34 91 639 69 11

KNOW THE FUTURE

LA TECNOLOGÍA
QUE CAMBIARÁ
EL MUNDO



31BIEMH
YOU MAKE IT BIG

Bilbao-Spain,
25-29 mayo 2020

Colaboran:

Euskadi, bien común
EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO
EKONOMIAREN GARAPEN ETA AZPIEGITURA SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS

AiMHE
ASOCIACIÓN DE IMPORTADORES DE MÁQUINA - HERRAMIENTA

Organizan:

AFM Advanced Manufacturing Technologies
www.afm.es

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

Nuestra Portada

HORNOS HEA de SOLERA MÓVIL o DE CÁMARA para el tratamiento térmico de grandes piezas de acero. Calentamiento a gas NATURAL o PROPANO. Potencia instalada hasta 5 MW y manutención de cargas hasta 200 Tons por lote.

HEA
Hornos Industriales
www.alferieff.com
hea@hornoshea.com
Tel.: 916 396 911
MADRID

Sumario • Febrero 2020 - Nº 75

Información

- THERMPROCESS, GIFA, METEC y NEWCAST en Düsseldorf de 2023 **4**
- GE Inspection Technologies se convierte en Waygate Technologies, un negocio Baker Hughes **6**
- Nueva edición en 2020 del Fórum Técnico Internacional de Estampación en Caliente **8**
- Horno de hoyo de atmósfera inerte 2.200 ºF de Grieve **10**
- AZTERLAN refuerza sus capacidades de simulación en el ámbito de los tratamientos térmicos **12**
- Un fabricante europeo de muelles a gas instala un sistema de nitruración Nitrex **14**
- Instalada la solución de gestión de activos para metales de ABB; para mejorar la eficiencia y la productividad en CELSA Barcelona **16**
- La filial española de FUCHS hace balance y afronta el año con importantes desafíos **18**
- Fórum de ARCAS - *Por Juan Martínez Arcas* **20**
- Resolución de problemas y Prevención de Agrietamiento en Temple por Inducción de Aceros: Lecciones aprendidas (Parte 3) - *Por Gary Doyon, Dr. Valery Rudnev, Randall Minnick y Tim Boussie. Traducido por Eugenio Pardo* **22**
- Denver ofrece una visión digital más rápida con iConn HD **27**
- Empleo de sistemas de obtención de perfiles de temperatura para comprender, controlar y maximizar la eficiencia de los procesos de tratamiento térmico - *Por Dr. Steve Offley. Traducción: Ernesto Guerra* **30**
- Algunas consideraciones sobre los aceros de construcción mecánica destinados a la industria automovilística. Aceros para deformación y conformación en frío, aceros al boro para tornillería (Parte VIII-2) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* **36**
- El III Convenio Colectivo Estatal de la Industria, la Tecnología y los Servicios del Sector del Metal - *Por Confemetal* **36**

Guía de compras **47**

Índice de Anunciantes **50**

Síguenos en

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

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

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

Diseño y Maquetación: José González Otero
Creatividad: DELEY
Impresión: Villena Artes Gráficas

Redactor honorífico:
José María Palacios

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

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

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

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

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

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

THERMPROCESS, GIFA, METEC y NEWCAST en Düsseldorf de 2023

El sector internacional aguardaba expectante esta noticia. Por fin se han dado a conocer las fechas en las que se celebrará la próxima edición de THERMPROCESS, GIFA, METEC y NEWCAST.

Estas ferias de la técnica metalúrgica y de fundición, las más importantes a escala internacional, abrirán sus puertas al público profesional entre el 12 y el 16 de junio de 2023 en Düsseldorf.

«Me alegro de que hayamos conseguido encontrar un hueco para este evento a principios de verano, una época que ha resultado siempre muy propicia», afirma Friedrich-Georg Kehrer, Global Portfolio Director Metals and Flow Technologies Messe Düsseldorf GmbH.

La duración será la misma que hasta ahora, cinco días. La novedad es que todos ellos caerán entre semana: el cuarteto de ferias del metal empezará en lunes y terminará el viernes, 16 de junio de 2023.

«Con ello atendemos los deseos mayoritarios del sector internacional, reflejados en la encuesta que realizamos entre expositores y visitantes», explica Friedrich Kehrer.

Las últimas cifras no dejan lugar a dudas sobre el liderazgo internacional de este cuarteto de ferias: 2.368 expositores de todo el mundo y alrededor de 72.500 visitantes, un 65% de los cuales provenían del extranjero.

El ambiente que se respiraba en los doce pabellones estuvo marcado por un gran número de inversiones, acuerdos comerciales espontáneos y un animado intercambio y transferencia de conocimientos entre expositores y visitantes profesionales.

Una vez más, el cuarteto de la feria de metalurgia demostró ser un gran impulsor de tendencias e innovaciones.

La «fabricación aditiva» y la «Industria 4.0», sobre todo, fueron el común denominador en todos los pabellones de la feria, despertando gran interés entre los visitantes profesionales.

También otros temas como la eficiencia energética y la conservación de los recursos tuvieron un gran protagonismo, como quedó patente en las visitas guiadas «eco-Metals Trails».

VII FÓRUM TÉCNICO INTERNACIONAL DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE

11 de junio 2020

Automotive Intelligence Center (AIC), Bizkaia

tabira Instituto de Fundición

WFO

IK4 AZTERLAN Research Alliance

Solicitud de información del evento, mediante email a info@iftabira.org o a través de la web https://bit.ly/36wqKz3

MEDIA PARTNER MOLD Press TRATER Press

GE Inspection Technologies se convierte en Waygate Technologies, un negocio Baker Hughes

La antigua GE Inspection Technologies (GEIT) ha cambiado su nombre a Waygate Technologies, una empresa de Baker Hughes. Como líder mundial en ensayo no destructivo (NDT), Waygate Technologies ofrece la mayor cartera de soluciones de inspección industrial, incluyendo rayos X y TAC, inspección visual remota, ultrasonidos y corrientes de Foucault.

Fundada en 2004, GEIT entró a formar parte de Baker Hughes en 2017, cuando GE combinó su negocio de Petróleo y Gas con Baker Hughes Inc. El cambio en la marca, de GEIT a la actual Waygate Technologies, se produce tras la desinversión de GE de su mayoría en el accionariado de Baker Hughes en 2019. Waygate Technologies seguirá siendo una empresa de Baker Hughes, formando parte de su segmento de Soluciones Digitales. GE mantiene acciones en el negocio y continúa siendo un socio importante, con acuerdos a largo plazo que permitirán a Waygate Technologies emplear las tecnologías de GE en sus productos de cara al futuro.

A lo largo de su dilatada historia, Waygate Technologies ha agrupado más de 125 años de experiencia y el patrimonio tecnológico de importantes empresas como Krautkrämer, phoenixlx-ray, Seifert, Everest y Agfa NDT, además de un ADN global combinado con la precisión sin par de la ingeniería alemana.

El nuevo nombre del negocio refleja dos elementos: el término "Way" (Camino) hace referencia a una nueva dirección en términos de fabricación y control de calidad, mientras que "Gate" (Puerta) describe el papel de Waygate Technologies a la hora de garantizar los estándares de calidad como punto de control e inspección.

El nuevo logotipo de la empresa muestra la inspección avanzada en 3D de un modo abstracto, puesto que presenta tanto el escaneo de un cubo en 3D, como las tres tecnologías clave empleadas en la inspección NDT; radiografía y TAC, visualización remota y ultrasonidos.

«El lanzamiento de Waygate Technologies representa un paso importante para nosotros, como parte de la siguiente fase de nuestro negocio. Queríamos crear una nueva identidad que reflejase nuestros valores actuales y futuros: garantizar la seguridad, calidad y productividad para las principales empresas del mundo» manifestó Nicola Jannis, Vicepresidenta Sénior de Waygate Technologies en Baker Hughes. «Siempre hemos sido reconocidos como una empresa de soluciones de inspección industrial y líder mundial en NDT. Sin embargo, actualmente también impulsamos la innovación al ofrecer datos y conocimientos que no solo mejoran la calidad y durabilidad de los productos en diversos sectores, sino que también aumentarán de manera significativa la productividad y competitividad de nuestros clientes».

El primer año de Waygate Technologies será testigo de la expansión de los servicios de la marca y la introducción de importantes innovaciones, además de productos preparados para su salida al mercado relacionados con tecnologías clave, como una nueva solución de inspección TAC en línea o novedades en el ámbito de radiografía, inspección visual remota y ultrasonidos.

A lo largo de los próximos meses, Waygate Technologies completará el proceso de cambio de nombre en todos sus productos, servicios y material.

metalmadrid `20

30 SEPT & 1 OCT
FERIA DE MADRID

VIVE EL PODER DE LA TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL

Para más información:

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

Part of
ADVANCED ENGINEERING
by EASYFAIRS

Nueva edición en 2020 del Fórum Técnico Internacional de Estampación en Caliente

La VII edición de este importante Fórum Técnico tendrá lugar en las instalaciones del Automotive Intelligence Center (AIC) en Amorebieta-Etxano el próximo día 11 de junio de 2020.

El INSTITUTO DE FUNDICIÓN TABIRA y el centro IK4-AZTERLAN organizan una nueva edición de un evento que congregará en 2020 a la industria relacionada con la tecnología de estampación en caliente.

Se trata de un marco de trabajo técnico ya consolidado en el tiempo (nos encontramos en la 7ª edición de este importante evento internacional), para el que se han seleccionado una vez más espacios de conocimiento de máxima actualidad, contando para su desarrollo con la participación de reconocidos especialistas e investigadores internacionales, tanto en tecnologías, como en materiales directamente relacionados con el proceso de estampación en caliente, junto con la visión particular de los constructores de vehículos.

Este encuentro técnico está fundamentalmente dirigido a técnicos y especialistas del sector de automoción, empresas diseñadoras y constructoras de vehículos, empresas de estampación, suministradores de equipamientos y materias primas, así como a especialistas de centros tecnológicos y universidades, con el principal objetivo de crear espacios para el intercambio de conocimiento, compartiendo experiencias técnicas con especialistas e investigadores del más alto nivel.

La última edición de este Fórum congregó a cerca de 130 personas, un éxito de convocatoria que se prevé repetir en la edición de este año. El programa definitivo del evento se publicará próximamente.

A continuación, se incluye un enlace a la página web que permite registrarse en el caso de desear estar informado de los cambios en el programa de este evento técnico:

https://bit.ly/36wqKz3

ADVANCED FACTORIES
EXPO & CONGRESS

3-5 MARZO 2020
BARCELONA CCIB

DESCUBRE LA NUEVA VISIÓN PARA LA INDUSTRIA

+300 FIRMAS EXPOSITORAS PRESENTANDO SOLUCIONES EN:

- Máquina-herramienta
- Inteligencia Artificial
- Software Industrial
- Visión artificial AR/ RV
- Automatización y Robótica
- Big Data
- Eficiencia Energética
- Blockchain
- Fabricación Aditiva
- Mantenimiento Predictivo
- IoT y Ciberseguridad
- Machine Learning

INDUSTRY 4.0 CONGRESS

+260 EXPERTOS INTERNACIONALES Y 8 FOROS VERTICALES

Aeronáutica · Salud · Alimentación · Siderurgia · Automoción · Textil · Ferroviario · Energía

GLOBAL PARTNERS:

ABB · accenture · AMADA · DELTA · hp · igus · INFAIMON · rexroth A Bosch Company · SIEMENS · SCHUNK · T-Systems · TRUMPF · UNIVERSAL ROBOTS

Únete a +16.000 profesionales con el código de acreditación gratuito **AF20PMTRATER**

WWW.ADVANCEDFACTORIES.COM

ORGANIZA: NEBEXT NEXT BUSINESS EXHIBITIONS

Horno de hoyo de atmósfera inerte 2.200 °F de Grieve

Nu. 1040 es un horno de hoyo de atmósfera inerte 2.200 °F (1.204 °C), de Grieve, actualmente utilizado para el tratamiento térmico de piezas automotrices en cestas en las instalaciones del cliente.

Las dimensiones del espacio de trabajo de este horno miden 36″ de ancho, 36″ de profundo y 48″ de alto. 78 KW son instalados en elementos de calefacción de alambre de aleación Kanthal AF. El Kanthal AF, de gran calibre y de alta temperatura, tiene un diseño de doble barra y es alimentado por un transformador de baja tensión para calentar la carga de trabajo.

Este horno de hoyo tiene paredes aisladas de 11″ de grosor. Estas paredes comprenden ladrillo refractario de 4 ½″ de grosor con una temperatura de 2.600 °F.

También incluye ladrillo refractario con 2 ½″ de grosor y temperatura de 2.300 °F. Adicionalmente, hay bloque de aislamiento de 4″ con una temperatura de 1.900 °F, un piso aislado que comprende refrectorias moldeables de 7″ y aislamiento de bloque que mide 4″.

Otras características incluyen un exterior de placa de acero de ¼″ reforzado con acero estructural y una puerta neumática posterior con bisagras.

La construcción de atmósfera inerte incluye una cáscara externa continuamente soldada, junta de la puerta de alta temperatura, cajas terminales del calentador sellados, entrada y salida de atmósfera inerte, flujómetro y válvula de gas manual.

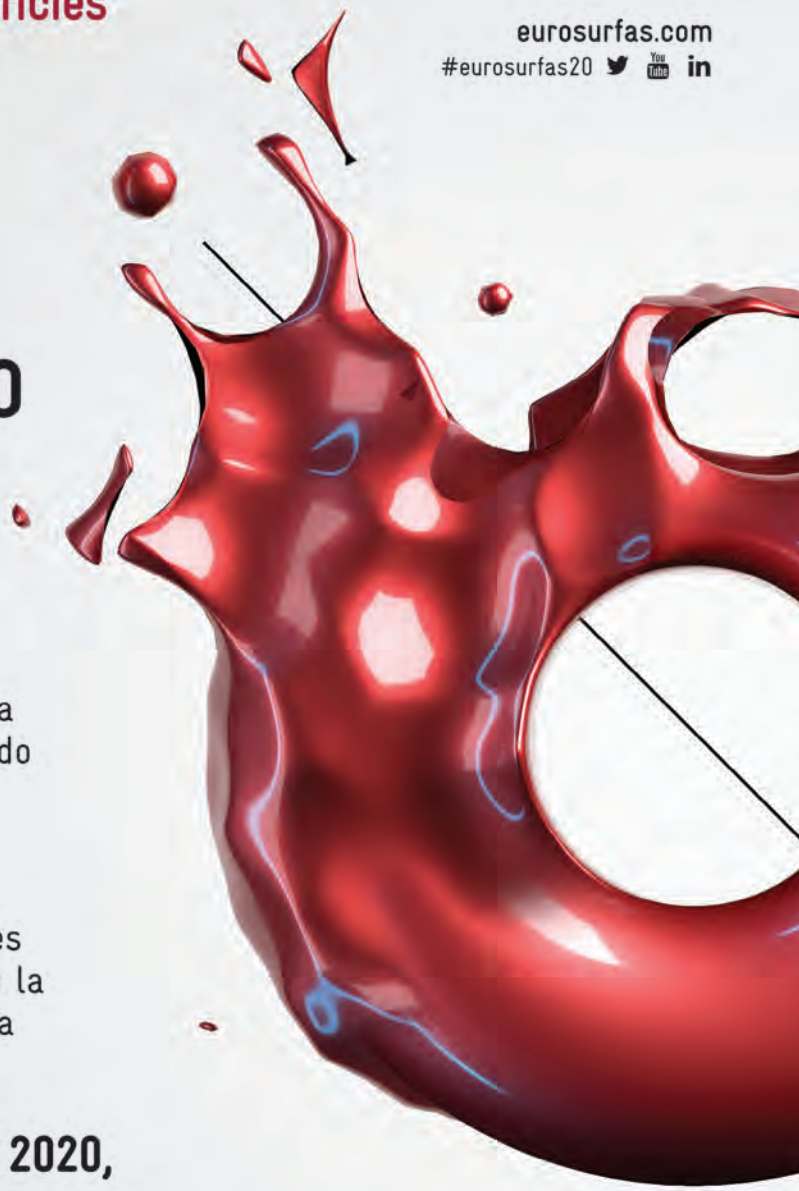
Controles en el Nu. 1040 incluyen un controlador digital que indica la temperatura, un controlador manual que reajusta la temperatura execesiva con contactores distintos y un controlador de potencia SCR.

EUROSURFAS
Encuentro Internacional del Tratamiento de Superficies

Fira Barcelona

eurosurfas.com
#eurosurfas20

2-5 JUNIO 2020
RECINTO GRAN VIA



¿ESTÁS PREPARADO PARA CAMBIAR EL FUTURO?

Eurosurfas se está convirtiendo en una plataforma comercial revolucionaria para superficies emergentes. Un nuevo mercado está frente a nosotros.

Debido a su naturaleza transversal, EUROSURFAS es el punto de encuentro industrial que ofrece soluciones tangibles adaptadas a sectores tan diversos como la industria de vehículos de motor, máquina herramienta, aeronáutica y tecnología.

ven y participa en EUROSURFAS 2020, una edición que hará historia.

10th EUROCAR CONGRESS

Del automóvil a la movilidad.

Un encuentro internacional que combina innovación y aplicación para ofrecer soluciones de los mejores acabados que abarcan las últimas tecnologías.

SUPERFICIES INTELIGENTES

Sobre el estado del arte.

Materiales y soluciones para cubrir las últimas tecnologías, ofreciendo las mejores soluciones avanzadas.

Acreditación GRATUITA como VISITANTE PROFESIONAL introduciendo en la web este código: AA3D1E0F

STRATEGIC PARTNERS

LEITAT managing technologies

tecnalia Inspiring Business

AZTERLAN refuerza sus capacidades de simulación en el ámbito de los tratamientos térmicos

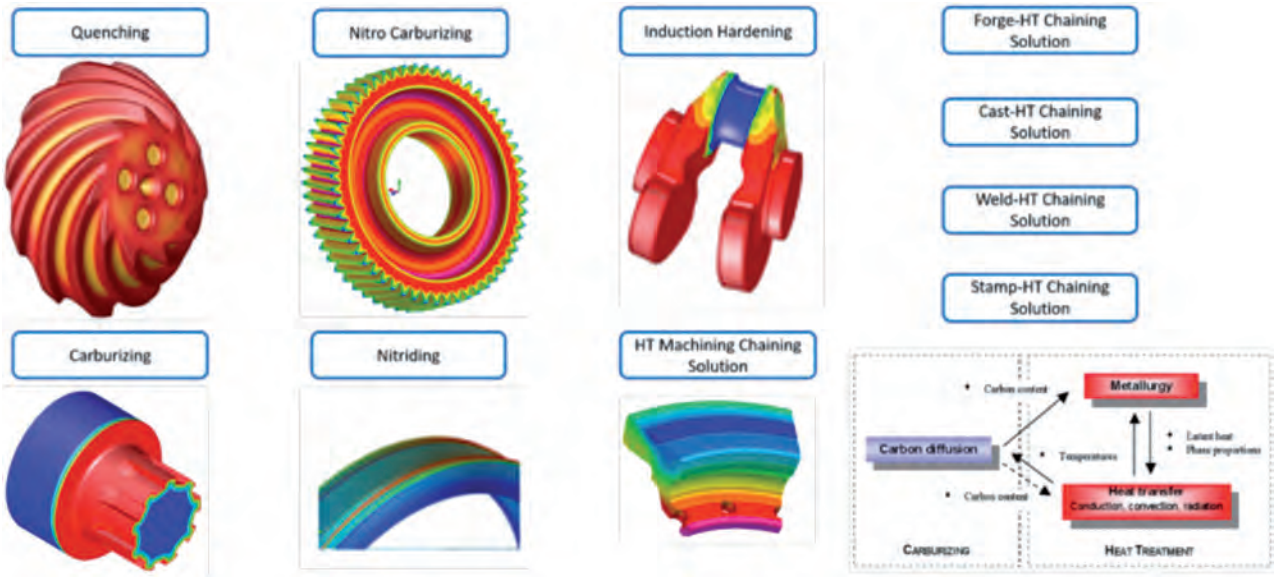
El Centro Tecnológico especializado en metalurgia y procesos de transformación metálica ha incorporado a sus capacidades el programa SysWeld, que se suma a las herramientas Thermocalc y Dictra para el diseño y la optimización de los tratamientos térmicos y la predicción del comportamiento de los componentes metálicos durante los mismos.

El Centro de Investigación Metalúrgica AZTERLAN ha incorporado a sus capacidades de simulación el programa SysWeld para la modelización de tratamientos térmicos industriales. El software creado por ESI Group presenta funcionalidades especializadas que permiten integrar en los modelos de simulación la complejidad de los procesos termofísicos y fisicoquímicos que se encuentran en los tratamientos térmicos.

En palabras del Dr. Garikoitz Artola, Coordinador del Área de Conformado de AZTERLAN, "la combinación de capacidades experimentales y de simulación que nos ofrece SysWeld, nos permitirá desarrollar modelos precisos de forma ágil y exprimir al máximo los procesos productivos, minimizando las iteraciones de ajuste con tratamientos térmicos sobre piezas reales".

Entre otros, la herramienta permite implementar fuentes de calor y medios de enfriamiento ad-hoc, determinar la evolución de tensiones y deformaciones en los componentes para cada momento de la secuencia de tratamiento térmico, predecir las transformaciones de fase en condiciones de no-equilibrio y calcular las cinéticas de procesos difusivos como la cementación o la decarburación en los aceros.

"Actualmente, estamos inmersos en un ambicioso plan de trabajo con especialistas de la empresa Análisis y Simulación (AyS) para explotar las posibilidades de la herramienta, con el fin de responder a las demandas de nuestro entorno industrial". Este plan de trabajo incluye a su vez la participación de profesionales internaciona-



Esquema de capacidades de simulación incorporadas por AZTERLAN (Fuente: AyS).

les de ESI Group (desarrolladores de software) que se desplazarán a las instalaciones de AZTERLAN para el seguimiento y el desarrollo continuado de la herramienta. Se trata de "una oportunidad inmejorable para estrechar vínculos entre nuestro tejido industrial y los centros de desarrollo de software de simulación de tratamiento térmico más potentes a nivel internacional", indica Raúl Arenaza, Manufacturing Manager en AyS.

La apuesta de AZTERLAN por las tecnologías de tratamiento térmico se ha materializado en los últimos años con la adquisición de equipamiento que se complementa con los nuevos recursos de simulación. Como explica el Dr. Garikoitz Artola, "Además de SysWeld, en el ámbito de la simulación contamos con las herramientas Thermocalc (cálculos termodinámicos) y Dictra (simulación de las reacciones contraladas por difusión). En los últimos años también hemos hecho importantes inversiones orientadas tanto a la investigación de laboratorio, como a los trabajos de campo".

Entre las nuevas capacidades a nivel de laboratorio realizadas por el Centro Tecnológico destaca la dilatometría de temple, incorporada en el año 2018. "Esta técnica permite implementar el máximo nivel de correlación entre los modelos del material y su comportamiento real, en términos de expansiones térmicas".

Respecto a los estudios de campo, entre las implantaciones recientes "destaca la puesta a punto en 2019 de una solución de radiotelemetría aplicada a la monitorización del calentamiento de lingotes y palanquillas". Esta tipología de equipos, en los que el datalogger acompaña a la pieza en su recorrido a través del horno, es especialmente indicada para hornos en los que extraer las lecturas por cable al exterior de horno no es viable. "La metodología de trabajo que hemos desarrollado en AZTERLAN ha sido empleada con éxito en varios estudios de homogeneidad térmica".

En el caso más extremo, se han monitorizado palanquillas en hornos de recalentamiento para laminación, con consignas de temperatura máxima de hasta 1.275 ºC y tiempos de horno de hasta 6 horas, utilizando una combinación de barrera térmica y carcasa evaporativa adhoc del sistema Datapaq.

La apuesta de AZTERLAN por apoyar a la industria y ofrecer capacidades tecnológicas en el ámbito de los tratamientos térmicos, se refleja también a través de su compromiso de participación en las Jornadas técnicas "TRATERDAY", evento de referencia que reúne al sector desde el año 2014 y que constituye un entorno ideal para compartir retos y experiencias avanzadas, como los que se afrontan desde el Centro Tecnológico.

Un fabricante europeo de muelles a gas instala un sistema de nitruración Nitrex

FA KROSNO completó la instalación de un sistema de nitruración Nitrex en las instalaciones de fabricación, en su ciudad homónima en el sureste de Polonia. La compañía es uno de los principales actores en el mercado europeo de muelles de gas, que suministra a fabricantes de vehículos comerciales y equipos agrícolas como Fiat SpA, Scania AB, MAN SE y AGCO.

En los últimos años, FA Krosno y Nitrex han entrado en una iniciativa de investigación y desarrollo, para mejorar la durabilidad de los vástagos de pistón en muelles de gas de vehículos de pasajeros. El vástago del pistón es la parte más estresada y solicitada del muelle y está sujeto a flexión, lo que afecta negativamente la vida útil del resorte de gas. El desafío consistía en diseñar un ciclo de nitruración que logre una alta dureza de la superficie, para mejorar la resistencia al desgaste y minimizar la fricción, y para últimamente prolongar la vida útil del muelle.

"FA Krosno impone a los proveedores y colaboradores estrictas exigencias técnicas, de calidad, de proceso y medioambientales. Estamos extremadamente orgullosos de contarnos entre los proveedores preferidos de la

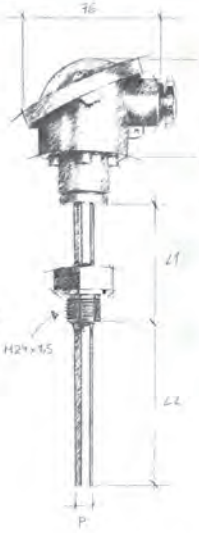
compañía", dijo Marcin Stoklosa, Gerente de Proyectos Especiales de Nitrex Metal. "Las tecnologías de nitruración de Nitrex fueron reconocidas como las de mejor rendimiento y más adecuadas para los requisitos de la aplicación. Los resultados de varias pruebas metalúrgicas y mecánicas realizadas en los vástagos de los pistones nitrurados confirmaron que el espesor deseado de la capa blanca, el espesor del óxido, la resistencia a la corrosión, así como la rugosidad apropiada estuvieron consistentes con la nitruración Nitreg® y se mantuvieron incluso después de las posteriores operaciones de acabado".

La producción con el nuevo sistema comenzó en diciembre de 2019. El sistema Nitrex, modelo de foso NX-1220, tiene unas dimensiones totales de la cámara de 1.200 mm de diámetro por 2.000 mm de alto (48"x 78") con una capacidad para nitrurar 3.800 kg (8.400 lb.) de carga. La solución suministrada incluye tecnologías duales, Nitreg® y ONC®, este último siendo un proceso de oxidación después de la nitruración, que proporciona protección adicional contra la corrosión y contribuye de manera similar al acabado estético de los vástagos. El nuevo sistema reemplazó un nitrider de gas desaparecido que fue eliminado debido a resultados inconsistentes y altas pérdidas de chatarra. Además de superar estos desafíos, el nuevo sistema Nitrex también permite un tiempo de proceso más corto y una eficiencia energética mejorada.

Otra parte interesante del proyecto fue el diseño de un accesorio de estantería personalizado. Concebido y diseñado en colaboración con los ingenieros de FA Krosno y Nitrex, este accesorio único de usos múltiples combina bases apilables que se pueden configurar para su uso en operaciones de pre-nitruración, nitruración y post-nitruración. La disposición flexible permite un fácil montaje y desmontaje y facilita la transferencia entre las diversas etapas de acabado de los vástagos del pistón, sin la necesidad de reposicionar manualmente las piezas.

FABRICACIÓN SENSORES DE TEMPERATURA

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



LABORATORIO CALIBRACIÓN in situ

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

SCI Suministro y Calibracion Industrial s.l.

www.sciempresa.com

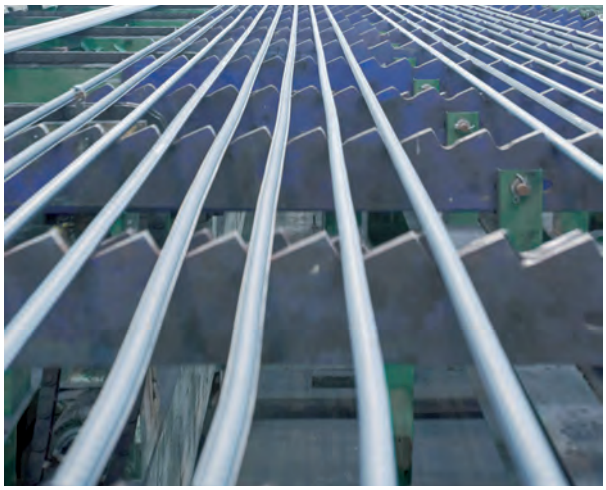
Ribera de Axpe 11, D2, L203, 48950 Erandio - Vizcaya • Tel. +34 944765276 • Fax: +34 944766021 • e-mail: sci@sciempresa.com

Instalada la solución de gestión de activos para metales de ABB, para mejorar la eficiencia y la productividad en CELSA Barcelona

ABB ha instalado con éxito ABB AbilityTM Asset Vista Conditioning Monitoring para metales en la acería CELSA III MBM en Barcelona, para ayudar a mejorar la fiabilidad del equipo, evitar el tiempo de inactividad no planificado, optimizar el mantenimiento y aumentar la productividad y la eficiencia general de la planta.

Respaldada por el banco de información de las exhaustivas bibliotecas de mantenimiento para equipos eléctricos de ABB, la aplicación basada en ABB AbilityTM monitoriza el estado de diversos activos de producción, incluyendo los equipos de automatización, instrumentación, eléctricos, mecánicos y/o de procesamiento.

También proporciona a CELSA una visión completa del estado de sus activos de producción, evitando así el mantenimiento innecesario, reduciendo la exposición a zonas peligrosas y acelerando las reparaciones.



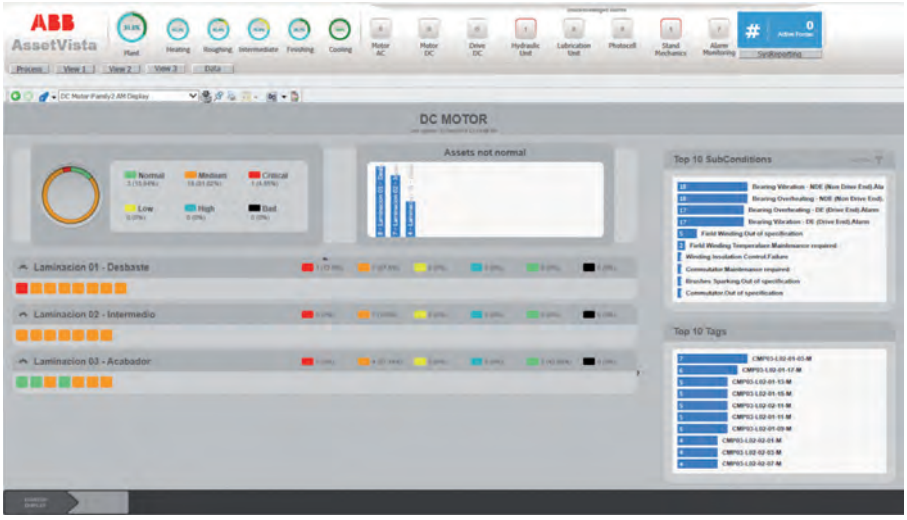
«La solución digital de ABB proporcionará una visión continua e integral del rendimiento de los activos, facilitando la transición de CELSA hacia un modelo de mantenimiento predictivo», afirmó Rafael Margarit, HUB Digital Lead, Metals, Europa. «Nuestro profundo conocimiento del sector, nuestra experiencia técnica y nuestra capacidad para combinar la tecnología operativa (TO) con la tecnología de la información (TI), son solo algunas de las razones por las que nuestros clientes de metales quieren colaborar con ABB como parte de su transformación digital».

ABB AbilityTM Asset Vista Conditioning Monitoring para metales, primero recopilará datos en tiempo real sobre el estado de los equipos comunes en la acería de barras de CELSA, incluyendo unidades hidráulicas, dispositivos de lubricación, motores, convertidores y sensores.

En el futuro puede escalarse para evaluar y valorar el estado de activos especializados y componentes más complejos, para satisfacer las cambiantes exigencias del negocio.

La solución ofrece a los ingenieros de operaciones, de mantenimiento y de automatización una panorámica exhaustiva del rendimiento de los equipos y sistemas de la planta.

Los informes generados por el software se envían periódicamente al cliente, lo que permite a CELSA planificar y programar las actividades de mantenimiento basadas en el estado real de los equipos y sistemas de la acería, ayudando a mejorar la eficiencia operativa, aumentar el tiempo útil y reducir los costes.



«Al migrar hacia un modelo de mantenimiento predictivo, pretendemos mejorar la fiabilidad de los equipos y reducir las paradas no planificadas, con el objetivo de mejorar nuestra eficiencia general».

La solución de monitorización de estado de ABB fue una excelente elección para CELSA, ya que el software puede integrarse fácilmente con cualquier sistema DCS, y además es flexible y escalable», afirmó Ramón Garriga, director de planta de CELSA. «Esperamos aprovechar los conocimientos digitales de ABB, su experiencia en automatización y su soporte integral para el cliente para alcanzar nuestras metas de transformación digital».

CELSA Barcelona, integrante del Grupo CelsaTM, es uno de los mayores productores europeos de acero y lleva fabricando productos largos de acero para el mercado europeo desde 1957, con una capacidad de producción de 2,5 millones de toneladas de acero, diversificada en la producción de aceros reforzados, alambrón, barras comerciales y perfiles estructurales.

La filial española de FUCHS hace balance y afronta el año con importantes desafíos

El pasado 24 de enero FUCHS LUBRICANTES celebró un encuentro con todo el personal de la empresa, para presentar los resultados del ejercicio anterior y los proyectos de este nuevo año.

Durante el evento Gema del Olmo, manager de I+D que recientemente se ha incorporado al comité de dirección de la empresa, anunció el reconocimiento que ha recibido FUCHS LUBRICANTES por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación como PYME Innovadora: "Este premio responde a la mejora continuada de nuestra compañía, desde un plano innovador en sus actividades de investigación y desarrollo."

Un galardón que refuerza el posicionamiento de la filial española como hub tecnológico en el grupo FUCHS.

Otro hito de gran relevancia para la empresa anunciado en la reunión es la inminente consolidación de la certificación IATF 16949, un requisito de calidad para la industria de la automoción, que permite a FUCHS LUBRICANTES seguir ampliando su producción de lubricantes de primer llenado para fabricantes de componentes de automoción, así como de vehículos.

Desde el pasado 1 de enero el grupo FUCHS es neutro en carbono.

En línea con este logro, la filial española anunció nuevas inversiones destinadas a seguir reduciendo el consumo energético y las emisiones de CO_2 que realizará a lo largo del ejercicio.

La mejora de la eficiencia de sus procesos productivos y logísticos a través de las novedades en Supply Chain, la adaptación de los procesos a las exigencias de la ISO 45001, que acredita un sistema fiable de gestión de seguridad y salud en el trabajo, son también de forma resumida, grandes propósitos para este año 2020.

Durante el encuentro se llevaron a cabo otras actividades destinadas a fomentar la cooperación y sincronización del equipo de trabajo, como el taller titulado "Cultura, Valores y Principios de Liderazgo" y la conferencia "Vivir y Trabajar con Entusiasmo" impartida por Víctor Küppers.

Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas

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

Por carta: Goya, 20, 1º - 28001 Madrid

Teléfono: 917 817 776

E-mail: pedeca@pedeca.es

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

Como decíamos en el número anterior, vamos a tratar el interesante tema "Deformaciones y/o modificaciones de volumen" y que en el caso de la matriz de Cuba tiene una gran importancia dada sus dimensiones.

Todo quedará resumido en el siguiente esquema o cuadro referido a la Deformación y que intentaremos explicar lo más ampliamente que podamos:

Modificación de medidas por cambio de volumen y por transformación estructural

Durante el tratamiento térmico de un acero pueden formarse distintas clases de estructuras, cuyos volúmenes no son iguales, debido a la constitución diferente de la red molecular de los distintos elementos.

Puesto que la austerita tiene el volumen específico más pequeño y la martensíta el más grande (sin considerar los carburos), al templar se produce por la formación de martensita, un aumento de volumen cuya magnitud se determina por varios factores.

En el caso que nos ocupa, el acero 1.2379, llamado también acero de poca variabilidad de medidas con altos porcentajes de aleación especialmente de Cromo y que poseen aumentos de volumen del 0,1 a 0,3% (no olvidemos que los aceros al Carbono y de temple al agua poseen el mayor aumento de volumen).

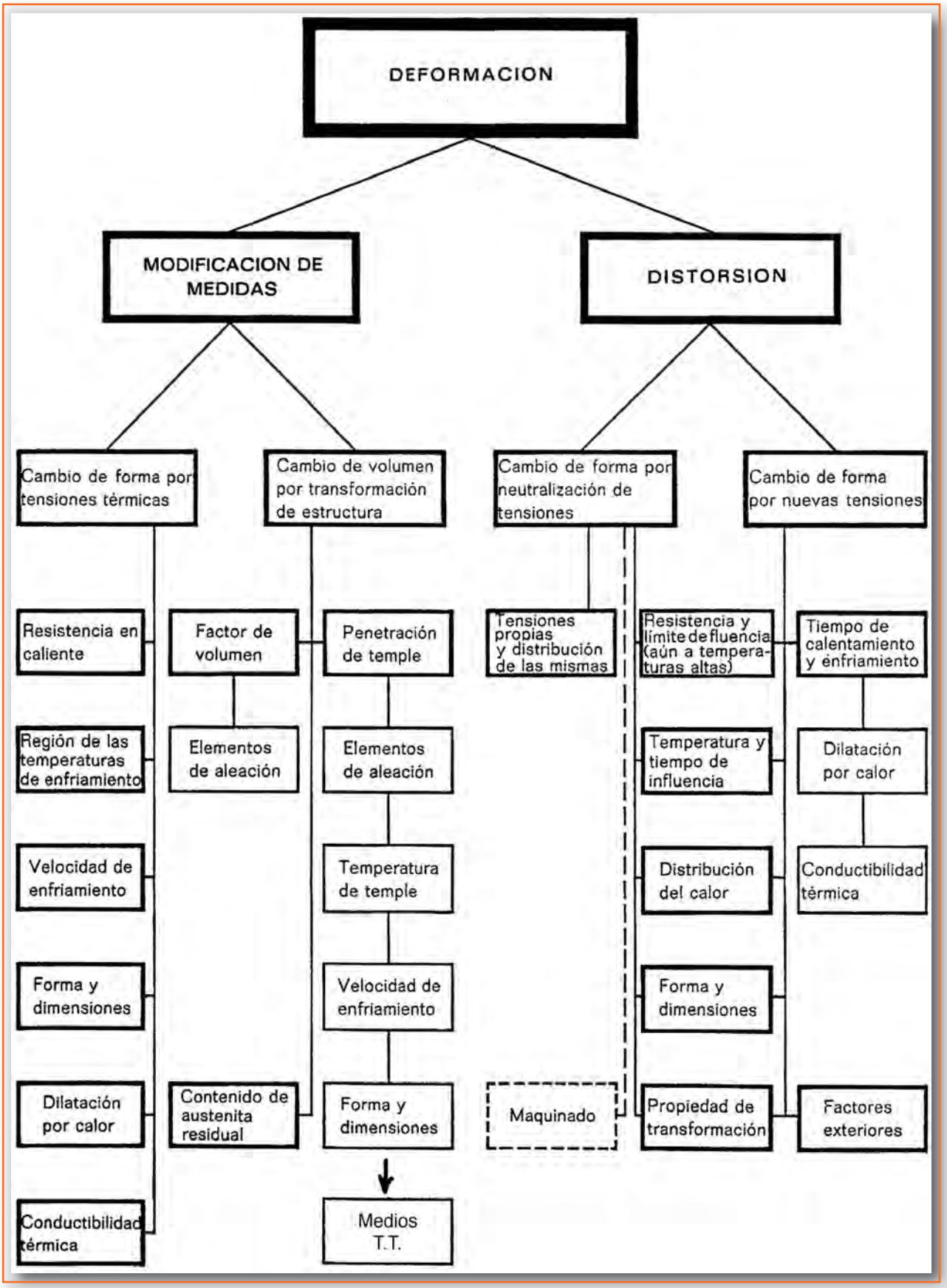
Debe destacarse la correlación existente entre el aumento de volumen y la penetración de temple.

Distorsión

De alguna forma podríamos definir la DISTORSIÓN como el resultado de una mala aplicación de todo lo que estamos preconizando, tensiones propias y su liberación, temperatura excesivas, enfriamientos inadecuados y no uniformes, tensiones propias y su distribución, etc.

El esquema o cuadro que presentamos nos amplía todo cuanto hemos expuesto.

Seguiremos en los próximos números de TRATER Press con otros temas interesantes que nos han pedido algunos lectores.


DEFORMACION
MODIFICACION DE MEDIDAS
DISTORSION
Cambio de forma por tensiones térmicas
Cambio de volumen por transformación de estructura
Cambio de forma por neutralización de tensiones
Cambio de forma por nuevas tensiones
Resistencia en caliente
Región de las temperaturas de enfriamiento
Velocidad de enfriamiento
Forma y dimensiones
Dilatación por calor
Conductibilidad térmica
Factor de volumen
Elementos de aleación
Contenido de austenita residual
Penetración de temple
Elementos de aleación
Temperatura de temple
Velocidad de enfriamiento
Forma y dimensiones
Medios T.T.
Tensiones propias y distribución de las mismas
Maquinado
Resistencia y límite de fluencia (aún a temperaturas altas)
Temperatura y tiempo de influencia
Distribución del calor
Forma y dimensiones
Propiedad de transformación
Tiempo de calentamiento y enfriamiento
Dilatación por calor
Conductibilidad térmica
Factores exteriores

Resolución de problemas y Prevención de Agrietamiento en Temple por Inducción de Aceros: Lecciones aprendidas (Parte 3)

La segunda parte de este artículo dividido en dos, continúa desarrollando el estudio del temple por inducción, proporcionando pautas adicionales para la resolución de problemas y remedios, para minimizar la probabilidad de agrietamiento en la práctica industrial.

Por Gary Doyon, Dr. Valery Rudnev, Randall Minnick y Tim Boussie (Inductoheat Inc., an Inductotherm Group company).
Traducido por Eugenio Pardo (Ondarlan Inductotherm Iberia, an Inductotherm Group company)

Componentes para temple del tipo de los ejes

El temple de ejes embridados, ejes de salida, árboles de levas, cigüeñales y otros componentes del tipo de los ejes representan un mercado interesante para el temple por inducción. Algunas características geométricas tales como las bridas, cambios de diámetro, muñecas, ranuras, hoquedades, etc… pueden distorsionar el campo magnético generado por una bobina, provocando desviaciones de temperatura, mezcla de puntos "fríos" y "calientes", gradientes térmicos exagerados, estados indeseables de tensiones, y licuación en juntas de grano, [1] lo que puede desencadenar agrietamiento consecuencial. Por ejemplo, la Figura 3 muestra algunas fracturas típicas que se produjeron por una mala combinación de técnicas de temple, diseños de bobinas, y/o protocolos de proceso inadecuados.

Hay muchas zonas peligrosas a la hora de templar ejes embridados. Una de esas zonas en las que puede haber fractura superficial circunferencial es el radio (junta), entre el eje y la brida (Figura 3, izquierda). Los granos gruesos iniciales y las penetraciones crecientes aumen-

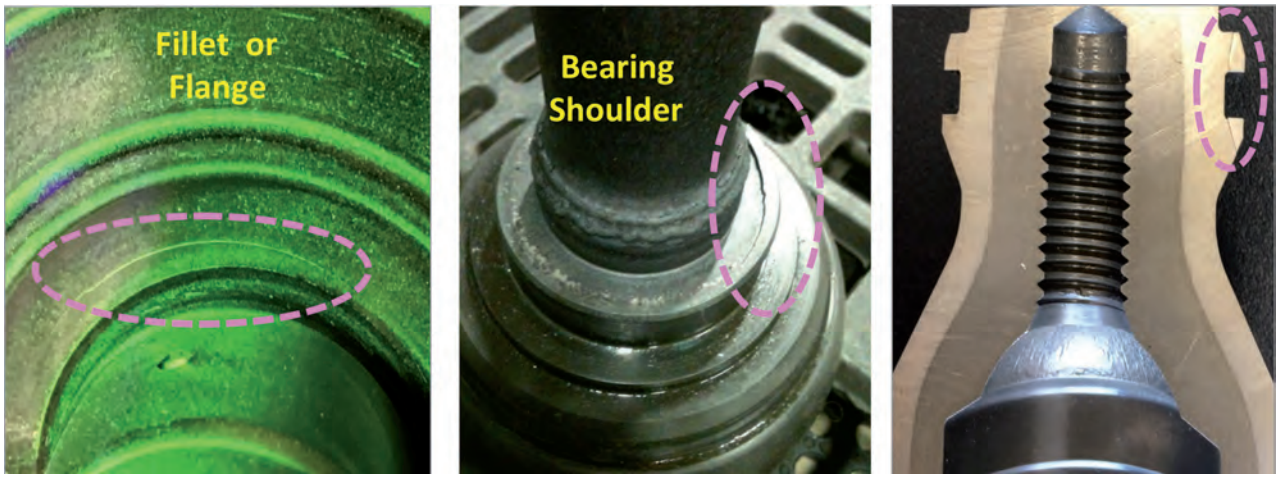


Figura 3: Fracturas típicas debidas a la subestimación del flujo de corrientes de inducción, aplicando técnicas de temple inadecuadas, diseño de bobinas y/o protocolos de proceso incorrectos.

tan la probabilidad de agrietamiento. Por ejemplo, una brida forjada en caliente puede tener un tamaño de grano grande respecto a la barra laminada del eje. El peligro de agrietamiento es particularmente alarmante en aplicaciones de temple másico de bridas o cuando la penetración de la dureza corresponde a una parte sustancial del espesor de la brida. De este modo, una reducción en el pico de temperaturas de la brida y en la penetración (si es aceptable) pueden ayudar a eliminar la iniciación de grietas.

Otra zona de peligro está localizada en la proximidad de un área como la de la Figura 3, en el centro. Las zonas afiladas, esquinadas y los cambios bruscos de diámetro pueden distorsionar considerablemente el flujo de las corrientes de inducción (Foucault/Eddy) y producir aumentos de temperatura que conducen a formar microestructuras no deseadas, susceptibles de desarrollo de grietas. Estas grietas son típicamente circunferenciales. Las temperaturas más altas y las penetraciones mayores en estas áreas, incrementan la aptitud a la fractura superficial.

La tercera región de peligro a la hora de templar ejes embridados es el área adyacente a la brida. Aquellos ejes con bridas de radios pequeños o sin radio, así como los ejes huecos de pared delgada, son particularmente sensibles a la formación de grietas. En función del patrón de durezas, resistencia del material, ductilidad y tenacidad, se puede formar una fractura circunferencial superficial (más frecuente) o sub-superficial. En otros casos, los componentes pueden llegar a fracturarse internamente en dirección transversal o longitudinal [4]. El agrietamiento interno viene asociado más frecuentemente con los materiales "fundidos" o "forjados en caliente" o a materiales con un flujo de grano no deseado, formación de bandas, excesiva presencia de inclusiones, morfologías no deseadas, composición, distribución orientación y tamaño, o cualquier otra combinación de factores que puedan producir una reducción en la ductilidad y tenacidad, así como el solapamiento de picos en las tensiones.

Si no se consideran adecuadamente, tales discontinuidades geométricas como las ranuras mecanizadas, rendijas, cortes, acanaladuras, anillos, dientes, etc… también pueden producir agrietamiento [1, 4, 5]. Como ejemplo, la Figura 3 en su parte derecha muestra determinadas fracturas locales. Los motivos de estas fracturas fueron los sobrecalentamientos y una desigual expansión/contracción, combinados con una severidad excesiva en el temple. Para eliminar el agrietamiento, podrían servir de ayuda la mejora en el diseño de la bobina, de la receta del proceso y la modificación del proceso de enfriamiento.

No es extraño que las piezas tipo eje contengan agujeros dispuestos longitudinalmente (axiales) y/o transversalmente (Figura 4), así como en ángulos o a través de la sección. Estos agujeros distorsionan las corrientes de

Figura 4: Ejemplos de piezas con agujeros: longitudinales (axiales), transversales y en sección.

Figura 5: Ejemplos de agrietamiento en proximidad de agujeros.

inducción (Foucault/Eddy) y potencialmente provocan la aparición de puntos calientes que, si no se consideran adecuadamente, son lugares de iniciación de grietas (Figura 5).

La variación de la temperatura alrededor del agujero puede producir un patrón de dureza correspondientemente no-uniforme. Esto ocurre particularmente así cuando se trata de agujeros en ángulo, en los que puede haber una apreciable variación en la generación de calor y en la penetración en los ángulos agudos frente a los obtusos, comparados ambos con los agujeros rectos.

Debe hacerse notar que los aumentos de temperatura por sí solos pueden no desencadenar el desarrollo de grietas. Hay otros factores que pueden complementar el aumento de calor. Por nombrar algunos, por ejemplo, la intensidad y distribución inadecuada del enfriamiento, así como el posicionamiento de los agujeros en las proximidades de la línea de división de forja, pueden aumentar la propensión al agrietamiento. Reposicionar los agujeros lejos de la línea de división es un requisito para el diseño de las piezas más acorde al temple por inducción. Taladrar los agujeros tras el temple (si se puede) puede ser otra consideración que evite el agrietamiento en los agujeros de aceite.

Los agujeros en ángulo manifiestan considerables diferencias en la intensidad de enfriamiento durante el temple. Con inductores, dispositivos de enfriamiento y recetas diseñados convencionalmente, un área en ángulo agudo experimenta intensidades de enfriamiento mucho mayores, que un área obtusa sujeta a un sobrecalentamiento. Esta combinación hace de las regiones en ángulo agudo más susceptibles a la iniciación de grietas.

Durante el calentamiento y el temple se produce un estado de tensiones complejo en las proximidades de los agujeros de aceite. Hay un buen número de diferentes soluciones prácticas, todas ellas disponibles para los tratamentistas, en aras de experimentar una mejoría en el estado de tensiones y reducir enormemente o incluso eliminar la aptitud de los agujeros en ángulo al agrietamiento.

Durante el desarrollo de la tecnología no-rotativa de temple de cigüeñales, se han inventado numerosos diseños patentados (máquinas de temple CrankPro®), que permiten controlar selectivamente la distribución de calor desde la fuente en las proximidades del agujero, todo ello mediante la provisión de canales preferenciales para el flujo de las corrientes de inducción (Eddy currents) y la modificación deliberada del perfil de temple.

La experiencia demuestra que, en muchos casos, la elección más adecuada de los parámetros de diseño (frecuencia eléctrica, densidad de potencia, diseño de inductor, etc…) nos permite obtener el patrón de durezas deseado, libre de grietas, alrededor de agujeros. Por ejemplo, incluso las piezas más complejas, que contie-

HORNOS DE INDUCCIÓN

PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

SOFTWARE I-HAZ

MAXIMIZA PRODUCCIÓN
+ REDUCCIÓN RECHAZOS EN PARADA

SERVICIO TÉCNICO LOCAL

Fabricación y Reparación de Bobinas Local

INDUCTOTHERM GROUP IBERIA
ONDARLAN

Alta productividad y alta seguridad para su forja

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

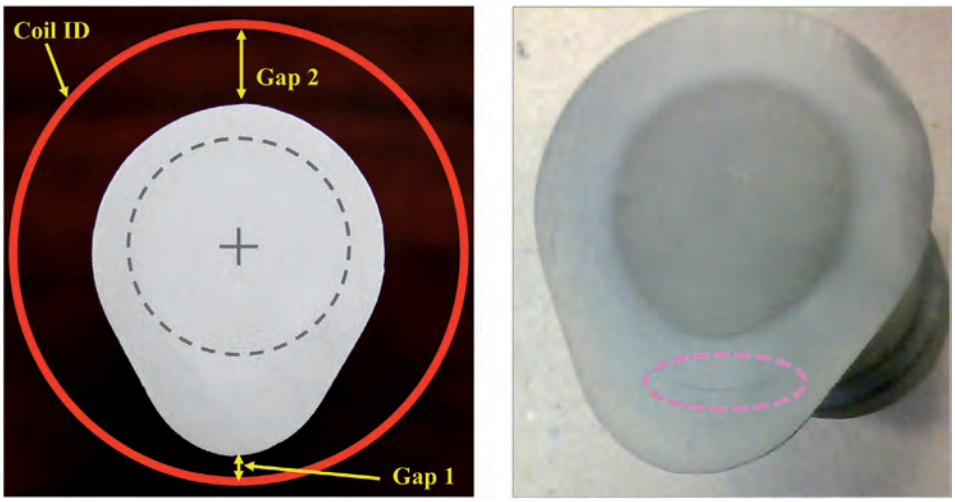


Figura 6: Variación en el acoplamiento electromagnético entre el diámetro interno de la bobina y las zonas diferentes del lóbulo (izda.) y agrietamiento subsuperficial (derecha) [8].

nen agujeros grandes y próximos entre sí, se pueden templar por inducción en lugar de usar procesos de carburación largos en el tiempo y espaciosos en el taller. La figura 4, en su parte inferior, muestra algunas geometrías complejas de componentes tipo eje, tratados térmicamente por inducción con éxito, pese a que inicialmente esto parecía una tarea imposible de hacer.

Algunas piezas tienen múltiples agujeros próximos entre sí [4]. El tamaño y la orientación de los agujeros puede necesitar una técnica de inducción particular. Por regla general, si los agujeros múltiples están dispuestos longitudinalmente, un inductor de disparo único suele ser la elección preferida comparada con el barrido. Por el contrario, si los agujeros se disponen en circunferencia, los inductores de barrido suelen ser más adecuados que los de único disparo.

Carecemos de tiempo para permitirnos una discusión detallada de las sutilezas del campo electromagnético y de la transferencia de calor, flujo de corrientes de inducción en las proximidades de los agujeros de aceite, impacto de las características geométricas y selección de parámetros de proceso, que minimicen la probabilidad de agrietamiento. Se discuten este y otros temas en [1, 4, 7].

Prevención de agrietamiento en temple de árboles de levas

La inducción electromagnética es un método muy popular para tratar térmicamente una variedad de componentes de automoción, entre los que se encuentran los árboles de levas. Los árboles de levas pertenecen a un grupo de piezas de forma irregular consistentes en varios conjuntos de lóbulos y muñecas. El número de lóbulos, tamaño, perfil, posición y orientación depende del tipo de árbol y de las especificaciones del motor receptor y pueden variar mucho [8].

En el pasado, el temple por inducción de árboles de levas requería rotación. Desafortunadamente, dado que la nariz del lóbulo tiene un acoplamiento electromagnético mejor por ser más cercano a la bobina, esta solución se asociaba a penetraciones mayores en nariz respecto a la base. Por ejemplo, la figura 6, izda, muestra una variación típica de acoplamiento electromagnético entre el diámetro interno de la bobina y las regiones diferentes del lóbulo. Las penetraciones superiores se asocian a haber alcanzado temperaturas más altas.

Un intento de proporcionar la mínima penetración requerida en la base del círculo de bajo acoplamiento puede implicar un sobrecalentamiento de la nariz, que no sólo empeoraría las características del árbol incluyendo su rectitud, sino también producir un estado no deseable de tensiones, crecimiento excesivo de grano e incipiente fusión, causas potenciales todas de agrietamiento superficial o sub-superficial (Figura 6, derecha). Cuando se tratan por inducción materiales poco tenaces (por ejemplo los aceros altos en carbono, fundiciones, etc…) incluso los incrementos aparentemente más insignificantes en las penetraciones pueden ser suficientes para el agrietamiento incipiente.

"Este artículo apareció originariamente en Octubre 2019 en la Thermal Processing magazine (USA). Publicado con su permiso"

(Continuará)

BATALHA / PORTUGAL

3D ADDITIVE EXPO

Feria Internacional de fabricación aditiva
y impresión 3D

19 - 21 MARZO **2020**

PARA MAIS INFORMAÇÃO / FOR MORE INFORMATION:

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

organização: EXPOSALÃO

Denver ofrece una visión digital más rápida con iConn HD

El sistema inteligente de análisis de IoT de Gardner Denver, iConn, está ahora disponible como un servicio de suscripción que permite a los operadores de planta y proveedores de equipos, mantener el control total de todos sus procesos de aire comprimido 24 horas al día, siete días a la semana.

La actualización iConn HD lleva la información crítica

Tanto iConn como iConn HD sólo recopilan datos de la máquina y utilizan la red 3G/móvil.

sobre los parámetros de funcionamiento de cualquier compresor Gardner Denver, como la temperatura, la presión y el tiempo de funcionamiento, a un panel de control basado en la web cada minuto, lo que permite la monitorización en tiempo real y el análisis predictivo en dispositivos móviles.

La solución "plug-and-play" a medida puede configurarse para proporcionar a los usuarios finales y a los proveedores de servicios exactamente la información que desean, en el momento en que la desean, garantizando así la protección total del estado y el rendimiento de su instalación.

El servicio iConn estándar de Gardner Denver, que soporta productos auxiliares y de aire comprimido de otras marcas, entrega datos cada 12 horas. No se requiere ningún hardware o plataforma adicional para actualizar a iConn HD para las máquinas Gardner Denver.

Dado que la Industria 4.0 hace necesario que los usuarios compartan y analicen los datos de los activos, los clientes demandan una visión más inteligente de su rendimiento de aire comprimido para eliminar riesgos, mejorar la productividad y reducir el consumo de energía.

iConn y iConn HD se han desarrollado teniendo esto en cuenta, proporcionando una visión general detallada de los sistemas, ayudando a los usuarios a ver los datos operativos clave y, lo que es más importante, destacando cualquier problema potencial antes de que se conviertan en un problema real.

Las alarmas y las advertencias reducen el riesgo de tiempo de inactividad, mientras que los sitios remotos pueden ser fácilmente monitoreados y el rendimiento del compresor optimizado, con parámetros de máquina y análisis de tendencias a lo largo del tiempo, que son posibles gracias al almacenamiento de datos. Todo esto puede proporcionar beneficios tangibles a la cuenta de resultados de una empresa.

Tanto iConn como iConn HD sólo recopilan datos de la máquina y utilizan la red 3G/móvil, lo que significa que no hay absolutamente ninguna conectividad con la red wi-fi o el sistema informático del usuario final o del proveedor de servicios, y los comandos no se pueden transmitir al controlador de la máquina.

Marius Breusers, Aftermarket Product Manager EMEA, dice: "iConn HD permite a los directores de planta medir los costes y la eficiencia utilizando la información más actualizada disponible sobre las máquinas. Al elegir iConn HD, los operadores pueden disfrutar de una mayor tranquilidad, un mayor control y un mayor ahorro de costes a lo largo del tiempo. Hay suscripciones de dos, tres y seis años".

Empleo de sistemas de obtención de perfiles de temperatura para comprender, controlar y maximizar la eficiencia de los procesos de tratamiento térmico

Por Dr Steve Offley. Product Marketing Manager. PhoenixTM Ltd UK
Traducción: Ernesto Guerra

Introducción – la necesidad de medidas precisas de temperatura del producto

Para cualquier involucrado en la industria de Tratamientos Térmicos hay una necesidad crítica de ser capaces de medir y controlar la temperatura del proceso y del producto. El control de la temperatura del tratamiento es crítica para las propiedades físicas y metalúrgicas del producto final y con ellas, de su capacidad para realizar la función para la que se ha diseñado. Alcanzar la temperatura máxima correcta del producto, el tiempo, temperatura o la velocidad de enfriamiento (temple) pueden ser esenciales no solo para la Calidad del producto, sino también para la eficiencia del proceso (en energía y productividad).

A pesar de que los hornos modernos se suministran con sofisticados sistemas de control, todavía no son capaces de dar realmente una imagen precisa del proceso de tratamiento térmico desde la perspectiva del producto. Los sensores de temperatura colocados a lo largo del horno sólo dan una captura de cuál es la temperatura ambiente del horno en ese punto específico del horno. Los controladores del horno, como su nombre indica, pueden dar confianza de que el tratamiento se realiza de manera controlada, pero nunca darán una visión precisa de cuál es la temperatura real del producto. Los pirómetros IR y las cámaras térmicas pueden dar la temperatura de superficie, pero es limitada el área de producto que puede ser medida. Los productos cargados en el fondo de una cesta por ejemplo pueden ser imposibles de medir con precisión. Sin sofisticados modelos matemáticos la temperatura de superficie, aunque útil, no dará información de temperatura del "núcleo" del producto que en muchas situaciones es más crítica. Como con los sensores de ambiente fijos, los sensores típicos IR solo dan información de una posición específica del horno, lo que impide el cálculo preciso de tiempos de permanencia a temperaturas críticas. Sin información adicional los tiempos de permanencia y/o consignas de temperatura, pueden necesitar situarse bien por encima del objetivo para garantizar que el tratamiento térmico se completa con seguridad, pero con un compromiso obvio de la productividad del horno y la eficiencia energética.

Perfil de temperaturas del producto

Para comprender completamente las características operativas del proceso de tratamiento térmico, es necesario medir tanto la temperatura del ambiente como del producto continuamente, mientras este pasa por el proceso. Esta técnica proporciona lo que se conoce como "perfil de temperaturas" que es básicamente una huella térmica para ese producto, en ese horno y proceso en concreto. Esta huella térmica será única y permitirá comprender, controlar, optimizar y validar el proceso de tratamiento térmico.

Históricamente la medida del perfil de temperaturas de producto se ha efectuado por uno de los siguientes dos métodos. La aproximación básica más tradicional ha sido aplicar el método conocido como "termopares largos" (trailing thermocouples). Un termopar muy largo se une al producto y es alimentado manualmente a través del horno, mientras el producto viaja por él. El regis-

Número de medidas	Limitado por seguridad a 1 ó 2	Hasta 20
Supervisión durante la prueba	Esencial para desenrrollar el cable con seguridad a lo largo del horno	No necesaria (el sistema viaja como una carga más por el horno)
Longitud de cable de termopares	Como mínimo la longitud del horno (alto coste / riesgo de roturas)	Cortos (típico 1-2 metros)
Enganchones de cable / riesgo de roturas de termopar	Alto, debido a la longitud. Las puertas automáticas pueden tener que anularse para evitar que los cables se atrapen/dañen	Mínimas
Parada de producción	Si – Se necesita dejar el horno vacío detrás de los cables para recuperarlos al final de la prueba	Solo una posición de carga con el equipo, se puede tener horno al 100 %
Condiciones de prueba representativas de la producción real	No del todo, ya que se necesita vaciar el horno normalmente	Si, ya que se hace con el horno en producción
Carga automática del producto	No posible	Posible (Figura 4)
Proceso de pasos múltiples (Furnace, Quench etc)	Difícil y a veces imposible	Posible (Figura 3)
Seguridad	Operarios cerca del horno para alimentar los termopares	Sin problemas
Coste	Termopares largos caros de reemplazar. Riesgo de roturas frecuentes	Inversión inicial en el sistema

Tabla 1: tabla que muestra las numerosas ventajas del sistema de obtención de perfiles frente al método tradicional de termopares largos.

trador que mide la temperatura se mantiene externo al horno. Aunque viable, esta técnica es limitada en cuanto a la información que proporciona y presenta muchas desventajas prácticas como se detalla en la Tabla 1. Una aproximación alternativa a este método es usar un sistema de obtención de perfiles de temperatura. En contraste al uso de termopares largos, el registrador viaja con el producto a través del horno. El registrador (Figura 1) se protege mediante un escudo o Barrera térmica, que mantiene el logger a una temperatura segura de trabajo (Figura 2). Las lecturas de temperatura recogidas por el registrador mediante muchos termopares cortos se pueden descargar tras la prueba. Alternativamente, si es factible, los datos se pueden leer en tiempo real, mientras el sistema está en el horno usando una opción de comunicación por telemetría de radiofrecuencia de dos vías. El gráfico de perfil de temperaturas resultante (Figura 3) proporciona un cuadro detallado del proceso térmico.

Fig. 1: Registrador de temperatura (hasta 20 entradas de termopar) usado en el sistema de obtención de perfiles. El logger viaja a través del horno protegido por una Barrera térmica junto con el producto a monitorizar.

Fig. 2: Sistema de obtención de perfiles de temperatura entrando a un horno de cementación gaseosa con temple en aceite integrado. La barrera térmica que protege al registrador se aloja con seguridad en la cesta de carga junto con los productos a monitorizar. El sistema viaja seguro por el horno y el temple en aceite para proporcionar un completo perfil térmico del horno y el producto.

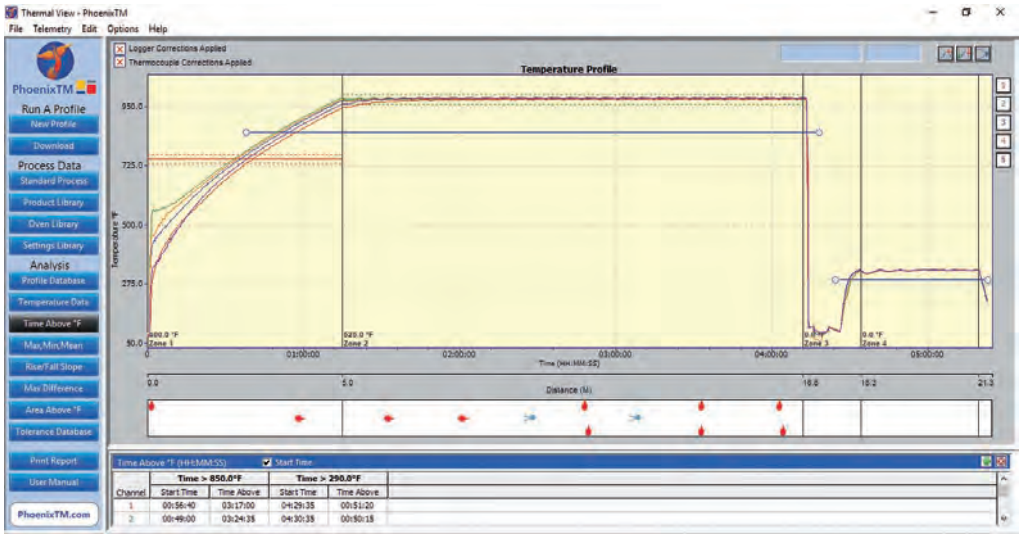


Fig. 3: Perfil de temperatura típico obtenido con el sistema. El gráfico de temperatura vs tiempo mostrado es de un proceso típico de tratamiento T6 de solubilizado de aluminio con temple en agua y envejecimiento posterior.

Técnicas de obtención de perfiles de temperatura – Pros y contras

Para resaltar los beneficios del sistema de obtención de perfiles sobre el método de termopares largos, ver Tabla 1 abajo.

Soluciones específicas de sistemas de obtención de perfiles para cumplir requisitos de tratamientos térmicos

Horno rotatorio con carga robotizada – Tratamiento T6 de aluminio de bloques motor

En los hornos rotatorios modernos como el mostrado en la figura 4 suministrado por BSN (BSN GmbH Germany) es imposible usar termopares largos, ya que los cables se enrollarían en el mecanismo de transferencia del horno. Debido al robot central de carga y descarga, y la eliminación de los racks/cestas de carga (las pinzas colocan la pieza directamente en la boca del horno) el uso de un sistema de obtención de perfiles es también un reto difícil. Para superar las restricciones de carga, PhoenixTM desarrolló una Barrera térmica única suficientemente pequeña para alojarse dentro de un hueco en el bloque motor y permitir su carga automatizada del conjunto completo de equipo y producto.

El sistema permitió a BSN poner en marcha el horno con seguridad y eficiencia, y optimizar los parámetros, no sólo para alcanzar la Calidad de producto, sino también para asegurar la operación óptima en términos de eficiencia energética del horno.

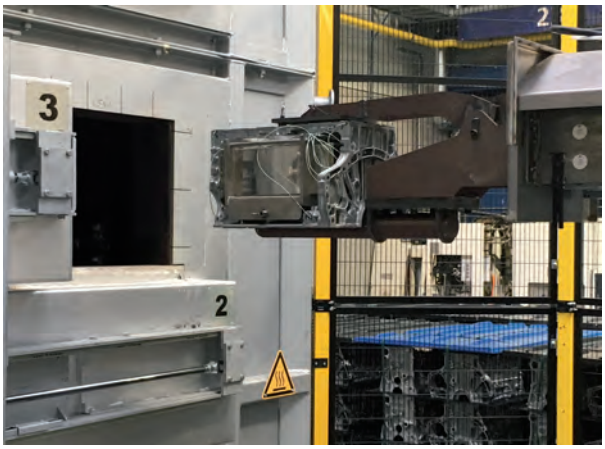


Figura 4: robot cargando el conjunto de sistema y producto en un horno rotatorio BSN T6. Barrera térmica diseñada con una combinación de aislamiento térmico capaz de alojarse en un hueco del bloque motor. Con una protección térmica de 550 °C para varias horas, el sistema tiene capacidad de monitorizar el proceso T6 completo, incluyendo solubilizado, temple en agua y envejecimiento.

Validación del modelo matemático de control de hornos de calentamiento de palanquillas y planchones

Aunque los hornos modernos de calentamiento de palanquillas y planchones para laminación tienen sofisticados controladores, es crítico que su modelo matemático sea validado con datos reales precisos del perfil de temperaturas.

Existen modelos de sistemas de obtención de perfiles que proporcionan esos datos de hasta 20 entradas de termopar, permitiendo medir temperaturas en superfi-

cie, centro y base de la pieza en varias posiciones de ella. El perfil de temperaturas resultante puede ser importado directamente al modelo del controlador, para validar la selección correcta de los parámetros de proceso y las suposiciones aplicadas al modelo matemático.

El paso por el horno de recalentamiento alcanzando temperaturas de hasta 1.300 °C hace que el registrador requiera una protección importante. Esta protección se alcanza con una Barrera térmica de diseño especial. Fabricada usando capas de aislamiento de alta Calidad y una camisa de agua interna, el agua en ebullición mantiene el registrador a una temperatura segura de 100 °C.

Aplicar datos precisos del perfil de temperaturas al modelo matemático es el objetivo para ajustar la temperatura de salida y obtener la caída de temperatura deseada a través del espesor de la pieza. El control preciso de estas variables permite una laminación exitosa con mínima formación de cascarilla, maximizando el rendimiento de laminación, ahorrando energía y maximizando la productividad. Se han observado ahorros de hasta el 5% de energía usando estos equipos para optimizar el trabajo del horno. Estos niveles de ahorro proporcionan un retorno de la inversión en el equipo en unas pocas semanas o incluso días.

Figura 5: Sistema de obtención de perfiles preparado para pasar por el horno de recalentamiento. La Barrera térmica dar 3,2 horas de protección a 1.300 °C. Alojada en una palanquilla de acero calentada antes de laminarse para fabricar vigas para construcción. El registrador en el centro del sistema almacena los datos medidos por los termopares insertados en la viga a varias profundidades a lo largo de su longitud.

Resumen

Los sistemas de obtención de perfiles de temperatura proporcionan a los técnicos en procesos Térmicos un método seguro y eficiente para medir con precisión la temperatura, tanto del horno como del producto a través del proceso entero. Con esta información el ingeniero puede comprender, controlar, optimizar y validar el proceso a realizar con seguridad. No sólo se puede asegurar la Calidad del producto y efectuar mejoras en la productividad, sino también hacer un ajuste preciso y fino de los parámetros del horno para ahorrar energía.

El verdadero valor de la obtención de perfiles de temperatura de hornos

Descubrir el perfil de temperaturas de cualquier tratamiento térmico proporciona al usuario potencial para mejorar la operación del horno y su empresa como se detalla a continuación:

Calidad del Producto

Confirmar con precisión que el producto alcanza la temperatura correcta requerida para realizar el tratamiento térmico (Homogeneización, Cementación, Revenido, etc.). Verificar las propiedades físicas del material para su aplicación. Evitar costos rechazos o retrabajo que causa gastos de energía y mano de obra.

Solución de Problemas

Cuando hay problemas en el proceso, y realmente ocurren, tener los medios para identificar problemas en el horno de forma rápida y eficiente. Recoger datos precisos para identificar la causa raíz del problema y permitir una acción correctiva confiable. Probar el éxito de cualquier estrategia de corrección del proceso. ¿Cuánto cuesta una hora de pérdida de producción en su empresa?

Optimización del proceso

Maximizar la productividad y eficiencia de su proceso. Ajuste fino de las consignas de temperatura y tiempos de permanencia con seguridad. Piense lo que una reducción de 5 °C en la consigna de temperatura o un 10% menos de tiempo de permanencia podría significar en su factura energética anual y en la productividad de la línea.

Cumplimiento de normativas

Proporcionar los datos de proceso necesarios para validación de certificaciones (perfil de producto o Temperature Uniformity Surveys, TUS) para probar el cumplimiento de CQI-9, ASM2650E u otras normas de calidad. Probar a los clientes que el producto tiene la Calidad anunciada.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

LOS MATERIALES METÁLICOS

Con la aparición del 4º volumen del título general

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS MATERIALES METÁLICOS

ACEROS Y OTRAS ALEACIONES SUSCEPTIBLES DE TRATAMIENTO TÉRMICO

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

4 VOLÚMENES

VOLÚMEN 4 — 35 €

VOLÚMEN 3 — 40 €

VOLÚMEN 2 — 40 €

VOLÚMEN 1 — 30 €

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

Algunas consideraciones sobre los aceros de construcción mecánica destinados a la industria automovilística. Aceros para deformación y conformación en frío aceros al boro para tornillería (Parte VIII-2)

Por Manuel Antonio Martínez Baena, Ingeniero Metalúrgico

8.2. Aceros al boro

Del amplio resumen de las características y propiedades de los **aceros al boro** para forja y estampación en frío, que a continuación exponemos, destacamos: (1) las propiedades de los aceros al boro en general; y (2) las características mecánicas y tecnológicas de los aceros al boro para su puesta en forma y deformación en frío.

En los trabajos de forja y extrusión en frío, en particular para la fabricación de tornillos de media y alta resistencia especialmente para la industria automovilística, –**figura 8.7**–se utilizan aceros aleados y/o al boro que deben cumplir, por norma, dos condiciones principales:

Figura 8.7. Tornillos y otras piezas fabricadas con aceros al boro. Piezas todas particularmente utilizadas en la industria automovilística

- Una buena aptitud al estampado y extrusionado en frío.
- Una templabilidad suficiente para asegurar, después del temple y del revenido, las características mecánicas exigidas a las correspondientes piezas en servicio.

El estudio de la influencia de los diferentes aleoelementos sobre la puesta en forma y deformación plática en frío de los aceros, condujo desde hace aproximadamente 30 años, al desarrollo de un grupo de aceros que, en vez de otros ya conocidos elementos de aleación, utilizan la adición de boro (**B**) para incrementar la templabilidad. La creciente demanda que, a lo largo de estas tres últimas décadas, ha experimentado el grupo de aceros al boro está, esencialmente, relacionada con el aumento de su capacidad de deformación en frío que presentan en cualquier estado de suministro: bruto de laminación, normalizado, recocido, bonificado, etc. además, de esa muy buena templabilidad.

En efecto, los aceros al boro poseen una templabilidad y una aptitud de conformado en frío, sustancialmente superiores a los de los acero de construcción con equivalente carbono. Esto hace posible fabricar, sin mayores inconvenientes, piezas de media y alta resistencia; ya que los aceros al boro, por su gran aptitud a la deformación, admiten unas mayores e importantes relaciones de recalcado en frío.

La dificultades de puesta en forma mediante los trabajos de deformación plástica en frío son bien notorias,

cuando se parte de aceros sin boro; **p.ej.**: aceros al cromo (**Cr**), aceros cromo-molibdeno (**Cr-Mo**), aceros níquel-cromo-molibdeno [**Ni-Cr-Mo**] y aceros carbono-manganeso (**C-Mn**). Sin embargo los aceros al boro cumplen con la doble exigencia, a veces contrapuesta, de una muy buena y aceptable templabilidad con una considerable aptitud a la deformación en frío. Son aceros, por consiguiente, de una gran importancia en las industrias de forja y extrusión en frío. Especialmente en aquellos sectores –*sector automovilístico*– donde se fabrican grandes series de miles de piezas: tornillos de media y alta resistencia.

8.2.1. *Composición química de los aceros al boro*

Los aceros al boro tienen como elemento común el boro soluble [$B_{soluble}$ = (10 ÷ 30) ppm]. Se incluye al mismo tiempo un componente, el boro insoluble, que no debe de exceder su contenido de 0,006 por 100 [$\mathbf{B}_{insoluble} \leq 60$ ppm].

El concepto de **solubilidad**, viene dado por la capacidad de los compuestos de boro de ser disueltos en una solución de ácido sulfúrico. La mayoría de los aceros al boro tienen en su composición química manganeso (**Mn** ≅ 1%), cromo (**Cr** ≤ 0,50%); y en casos muy especiales pueden contener níquel (**Ni** ≅ 1%), y también molibdeno (**Mo** ≅ 0,20%).

Los aceros al boro son desoxidados con aluminio (**Al** ≅ 0,035%), y desnitrurados con titanio (**Ti** ≅ 0.030%). El boro (**B**) tiene una gran afinidad con estos dos elementos; circunstancia que se tiene en cuenta en el proceso de elaboración del acero líquido, particularmente, dentro de la fase de afino y antes de la adición del boro. Es apropiado desoxidar primero con aluminio y fijar el nitrógeno con titanio, con el fin de dejar cierta cantidad de boro libre en forma de boro soluble –*boro activo*–: componente esencial para la templabilidad de este grupo de aceros.

La cantidad de titanio (**Ti**) necesaria para una buena protección del boro (**B**) en acero, viene establecida por la siguiente relación: **%Ti = 5** (**%N – 0,003**). La constante 0,003 se aplica a contenidos de boro soluble próximos al 0,0015 por 100 [$\mathbf{B}_{soluble}$ ≅ 15 ppm]. El valor ideal del contenido de boro soluble corresponderá a aquél que genere un número suficiente de precipitados, de tamaño óptimo, que inhiba la formación de ferrita durante el enfriamiento enérgico de temple.

El **boro soluble** comprende, fundamentalmente, los borocarburos del tipo $\mathbf{M_{23}(B,C)_6}$ y los $\mathbf{M_3(B,C)}$; así como el boro en solución sólida en la matriz ferrítica, es decir, boro en forma de boruro de hierro (**FeB**). La fracción de **boro insoluble** está compuesta por nitruros de boro (**BN**) y óxidos de boro ($\mathbf{B_2O_3}$).

8.2.2. *Mecanismos de temple de los aceros al boro*

El gran interés alcanzado por los aceros al boro, se basa en el hecho de que una muy pequeña aportación de boro [$\mathbf{B}_{soluble}$ ≅ 0, 0020% = 20 ppm] puede incrementar la templabilidad del acero en un grado mucho mayor que los elementos clásicos de aleación añadidos a los aceros, principalmente, con este fin; y, además, a un coste relativamente más bajo. Todo esto nos motiva a emplear, cada día más, aceros al boro ya que tienen menor contenido de elementos de aleación.

Existe una coincidencia unánime sobre el efecto templante del boro (**B**), que no ocurre igual que con el resto de elementos de aleación, donde tal efecto se manifiesta de una forma progresiva y proporcional a la cantidad (%) de aleación adicionada; en los aceros con boro es necesario, asimismo, un contenido óptimo de este elemento (**B**) a partir del cual adiciones mayores, o menores, pueden llegar a empeorar la respuesta al temple.

En la bibliografía especializada se encuentran fuertes discrepancias entre los valores de boro (**B**) soluble óptimos. Valores que preferentemente están situados entre 10 y 30 ppm. –**figura 8.8**–; esto se debe, presumiblemente, a diferencias de criterio a la hora de discernir entre boro soluble y boro no soluble.

En la **figura 8.9** se compara las conducta de transformación del acero **27MnB4**: (**b**) acero con boro, con relación

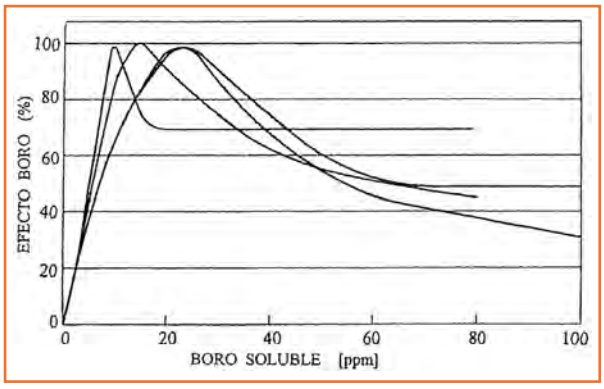


Figura 8.8. Relación del boro soluble y su respuesta al temple según varios autores. (Llewellyn, Melloy, Maitrepierre y Kapadia)

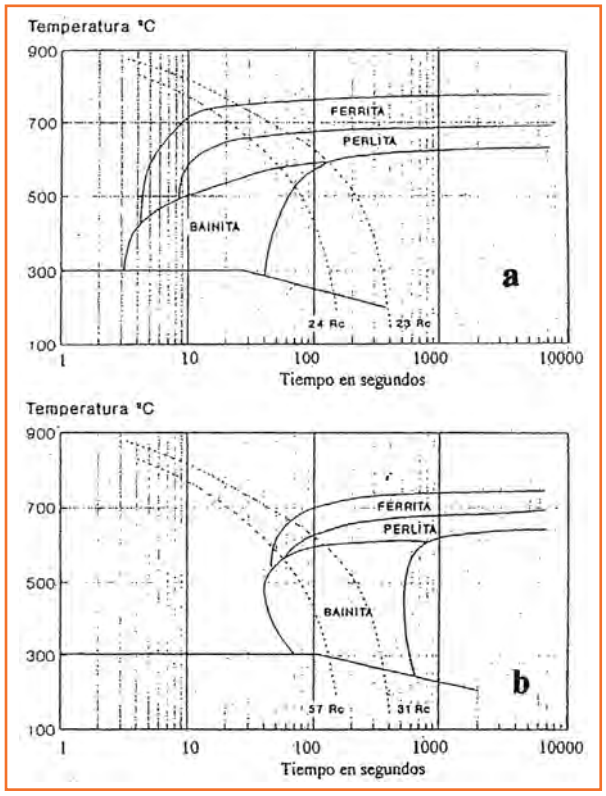


Figura 8.9. Diagrama **TTT** y curvas de enfriamiento continuo: (**a**) acero sin boro; (**b**) mismo acero con boro = acero **27MnB4**.

a la de un acero con la misma composición base, pero sin boro (**a**). En el diagrama **TTT** del acero con boro (**b**) observamos un mayor desplazamiento hacia la derecha del campo de transformación austenítica, frente al menor desplazamiento que se produce en diagrama **TTT** del acero sin boro (**a**). Esto tiene, como consecuencia, la disminución de la velocidad crítica de temple martensítico y bainítico del acero con boro. El comienzo de la transformación ferrita-perlita y de la transformación bainítica se desplaza, significativamente a tiempos más largos de enfriamiento, *–frente a los tiempos más cortos que observamos en el acero sin boro–* sólo con la adición de unas cuantas partes por millón de boro (**B** ≅ 20 ppm); mientras que, por otra parte, el final de la transformación ferrítica apenas si experimenta transformación alguna.

Debido a la nucleación, que tiene lugar en los límites de grano austenítico, los mecanismos de la acción del boro (**B**) sobre la templabilidad, están en relación directa con la interacción del elemento boro (**B**) en los límites de grano. Tal interacción se manifiesta mediante la precipitación, en la mayoría de los casos, de los ya mencionados borocarburos del tipo $\mathbf{M_{23}(B,C)_6}$ en los límites de grano, antes de que aparezca ferrita (**Fe** α).

8.2.3. *Evaluación del efecto templante del boro*

El efecto templante del boro (**B**), como es sabido, se determina mediante el **ensayo de templabilidad Jominy**. En la **figura 8.10** se puede observar la diferencia de templabilidad entre dos aceros con un mismo contenido de carbono (**C** = 0,27%): un acero con boro y el otro acero sin boro. El aumento de templabilidad que los aceros con boro aportan, es más efectivo en distancias Jominy comprendidas entre 5 y 15 mm. Tales distancias corresponden al centro *–núcleo–* de redondos templados en aceite, y cuyos diámetros equivalentes son 15 y 50 mm respectivamente.

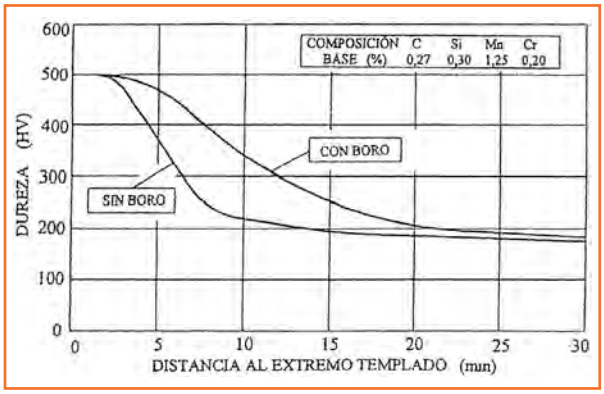


Figura 8.10. Efecto del boro sobre las curvas de templabilidad Jominy.

Es evidente que la dureza de la superficie del material no se ve afectada por los contenidos de boro (**B**); ya que depende, únicamente, del contenido de carbono. Para grandes distancias Jominy el efecto templante es muy poco significativo; esto explica que enfriamientos lentos, al aire o dentro del horno *–normalizado y/o recocido–*, no se aprecian sensibles diferencias de dureza y resistencia mecánica, en tales aceros, comparándolos con los mismos aceros base sin boro.

El efecto templante del boro (**B**) se puede expresar de forma cuantitativa mediante el factor boro ($\mathbf{B_f}$); factor que se puede definir como la relación entre los diámetros críticos de un acero con boro ($\mathbf{DI_b}$) y su correspondiente acero sin boro (**DI**):

$$\mathbf{B_f} = \frac{\mathbf{DI_b}\ [\text{con boro}]}{\mathbf{DI}\ [\text{sin boro}]}$$

El diámetro crítico del acero con boro ($\mathbf{DI_b}$) se calcula a partir de su curva Jominy correspondiente. El diámetro crítico del acero sin boro (**DI**) se calcula a partir de su

composición química; *–cálculo teórico según* Grossmann– diámetro para el cual se obtiene, como mínimo, un 50 por 100 (50%) de martensita en el núcleo del redondo templado. Abundando sobre la templabilidad del acero según su contenido de boro (**B**), en la **figura 8.11** se representa la influencia que tiene este elemento sobre la templabilidad y el diámetro crítico ideal.

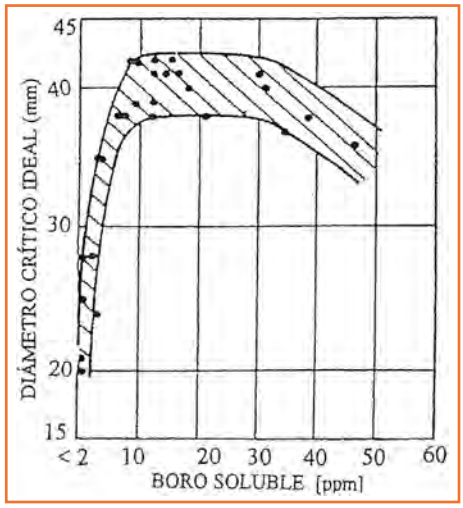


Figura 8.11. Influencia del contenido de boro soluble sobre la templabilidad y el diámetro crítico ideal.

En la literatura correspondiente a los aceros al boro hay gran cantidad de fórmulas teóricas que estudian esta evolución, siendo una de las más representativas esta que indicamos a continuación: $\mathbf{B_f = [1 + 1{,}5\ (0{,}90 - \%C)]}$. Para contenidos de carbono próximos al 0,35% (**C** ≤ 0,35%) el factor boro está muy próximo a dos ($\mathbf{B_f \cong 2}$), y para contenidos en carbono del orden de 0,90% (**C** ≅ 0,90%) el efecto endurecedor del boro es, prácticamente, nulo: $\mathbf{B_f = 1}$; **figura 8.12**. El factor boro va disminuyendo a medida que aumenta el contenido de carbono; y por consiguiente la templabilidad a su vez, también, va disminuyendo. El factor boro también disminuye a medida que aumenta el contenido de aleación.

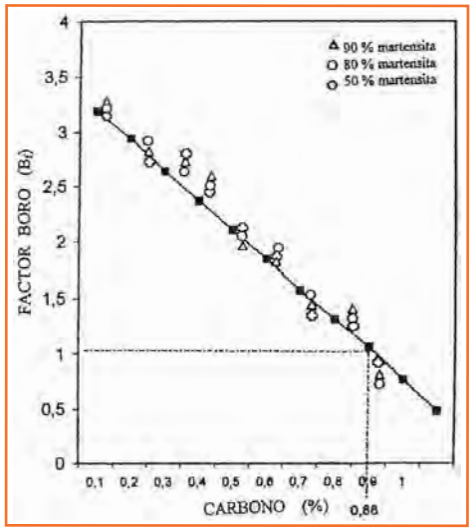


Figura 8.12. Relación entre el contenido de carbono y el factor boro ($\mathbf{B_f}$).

8.2.4. *Condiciones de suministro y composición de los aceros al boro para tornillería*

Las condiciones de suministro y composición química de los principales aceros al boro estaban, en un principio, reflejadas en la euronorrma **EN** 10083-3/1995 y posteriormente revisada y actualizada en la norma **UNE-EN** 10263-4/2001; ver **tabla 8.I.** Las normas establecen para cada acero, con boro y sin boro, como datos fundamentales: (1) condiciones técnicas de suministro; (2) composición química; (3) bandas de templabilidad Jominy; y (4) el valor del diámetro máximo para alcanzar una dureza mínima aceptable de núcleo, después del temple en aceite o en agua, etc.; **tabla 8.II.** Tales normas sintetizan, a nuestro juicio, la actual tendencia a ni-

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
41NiCrMo7-3-2	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

Tabla 8.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 [**UNE-EN 10263-4/2001**].

vel global con referencia a los **aceros al boro** empleados en la fabricación, por deformación en frío de piezas de resistencia media y alta, previo bonificado. Todos los aceros al boro indicados, tienen una templabilidad compatible con una amplia gama de resistencias y diámetros equivalente, siendo particularmente, aptos para la fabricación de tornillos de media y alta resistencia: calidades **8.8** y **10.9.**

8.3. Aceros al boro con 1 por 100 de cromo

La norma **UNE-EN** 10263-4/2001 –ver **tabla 8.I**– contempla varios aceros al boro, desarrollados en la última década del siglo XX. Son aceros con un carbono medio [**C**= (0,32 ÷ 0,36%)], y contenido de cromo aproximado del 1 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, así como las características mecánicas en estado de temple y revenido alto, –***bonificado***– 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 por 100 de cromo (Cr = 1%) [(**0,32 ÷ 0,36**%) **C** + **1**%**Cr + B**] –**aceros 32CrB4** y **36CrB4**– presentan una menor resistencia a la rotura en estado bruto de laminación; y, por tanto, ofrecen una mayor aptitud a la deformación y estampado en frío.

Los tornillos con ellos fabricados alcanzan ampliamente, una vez bonificados, las características mecánicas de resistencia mecánica y de tenacidad; propiedades requeridas en las calidades de tornillos **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 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 hasta 30 mm.

La ventaja de utilización de tales aceros reside, como ya se ha indicado, en su elevada templabilidad combinada con una muy buena aptitud a la deformación y puesta en forma 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.

8.3.1. *Influencia del boro sobre la conducta de transformación*

El incremento de la templabilidad que se puede originar en el acero con unos muy pequeños contenidos de boro (**B**), se pone de manifiesto mediante los diagramas de transformación-tiempo-temperatura: **diagramas TTT**; **figura 8.13**. En dicha **figura** se comparan las conductas de transformación isotérmica del acero **32CrB4** con las de otro acero de la misma composición base, pero sin boro: acero **34Cr4**. En el acero **32CrB4** el comienzo de la transformación austenítica en ferrita-perlita y/o de la bainítica se desplaza claramente a tiempos más largos con la adición, aproximada, de **30 ppm** de boro (**B** ≈ 30 ppm); mientras que, por otra parte, el final de la transformación ferrítica apenas sí experimenta transformación alguna.

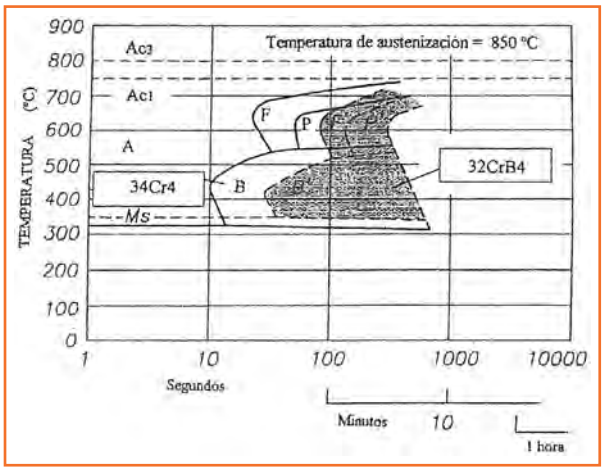


Figura 8.13. El incremento de templabilidad que originan unos muy pequeños contenidos de boro se ponen de manifiesto mediante los diagramas Tiempo-Temperatura-Transformación (**TTT**) de los aceros **34Cr4** y **32CrB4**.

La mejora de templabilidad es atribuida, como es sabido, a la presencia de pequeñas cantidades de boro (**B**) soluble, que se enriquece en los límites de grano, y que impide la germinación o nucleación de granos de ferrita, según se cita en la mayor parte de la literatura especializada. En la **figura 8.11**, antes indicada, se representa la influencia que tiene el contenido de boro (**B**) 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 (**B**) superiores desciende la templabilidad, puesto que se excede la solubilidad del boro en el acero y se forman carburos de 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** [**B** = (10 ÷ 30 ppm)]. Una de las causas de estas diferencias 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 (**B**).

8.3.2. *Características de los aceros al boro con 1 por 100 de cromo*

La ventaja de los aceros al boro con 1 por 100 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.

8.3.2.1. *Templabilidad*

En la mayoría de los casos se caracteriza la templabilidad, como es ya sabido, mediante el **ensayo Jominy**; **figura 8.14.** En los aceros de estampación y extrusión en frío, tal como hemos podido apreciar, también se define el diámetro máximo del material en cuyo núcleo se alcanza una dureza y una estructura mínima determinada; ver **tabla 8.II.**

El incremento de templabilidad, debido al boro (**B**) presente en el acero, se puede comprobar mediante ensayos corrientes y usuales de templabilidad. En la **figura 8.15** se comparan las bandas de templabilidad Jominy de los aceros **34Cr4** y **32CrB4**, cuya única diferencia en composición es sólo el contenido o no de boro. A una distancia del extremo templado de la probeta, en el tramo comprendido entre 1,5 y 3 mm, existe una estructura martensítica siendo asimismo la dureza igual en ambos aceros ensayados.

CLASE DE ACERO		COMPOSICION MEDIA %				
		C	Mn	Cr	Mo	B
A	32 Cr B 4	0,34	0,58	1,04	0,05	0,0030
B	34 Cr Mo 4	0,35	0,78	1,08	0,20	-
C	34 Cr 4	0,35	0,70	0,95	-	-

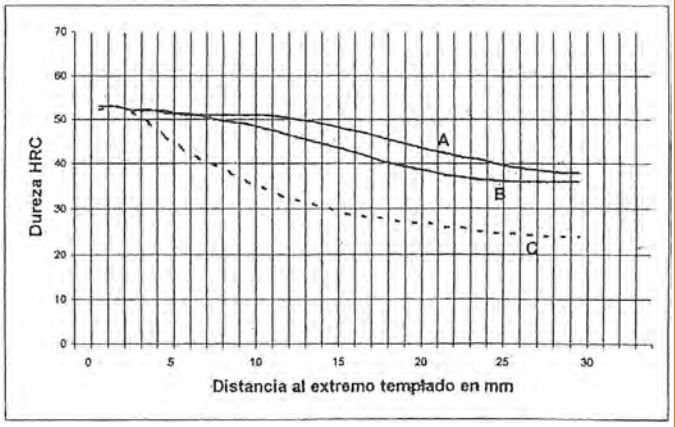


Figura 8.14. Curvas de templabilidad Jominy de los aceros en estudio. Aceros **32CrB4**; **34CrMo4** y **34Cr4**.

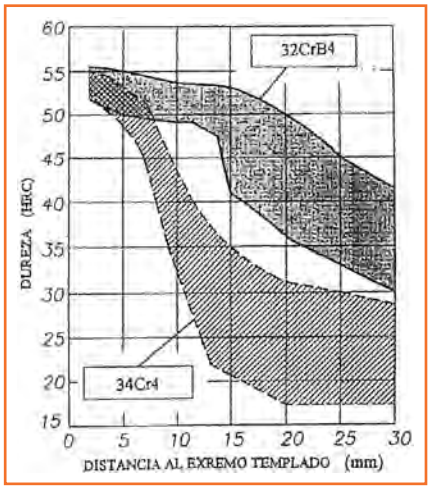


Figura 8.15. Bandas de templabilidad Jominy de los aceros **32CrB4** y **34Cr4**.

La dureza depende única y exclusivamente 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 en su mayoría por bainita y algo de martensita, no existiendo todavía, rastro alguno de ferrita o de perlita. El acero **32CrB4** presenta,

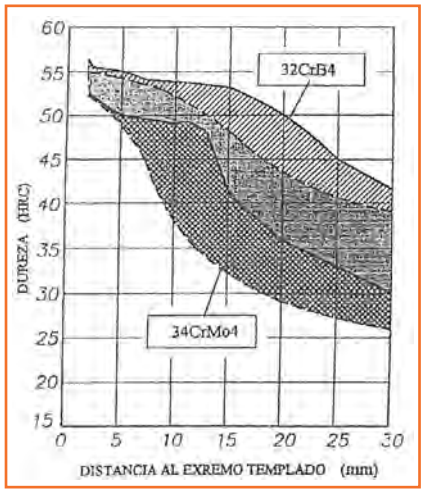


Figura 8.16. Bandas de templabilidad Jominy de los aceros **32CrB4** y **34CrMo4**.

prácticamente, la misma templabilidad que el acero **34CrMo4**; **figura 8.16**

Tornillos de calidad **10.9**, hasta redondos de 30 mm se pueden estampar 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 se corresponde con los puntos de la **curva Jominy**; puntos 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; ver **tabla 8.II**.

8.3.2.2. *Aptitud a la deformación en frío*

Una de las ventajas de los aceros al boro (**B**) reside, como es sabido, en que presentan una resistencia menor a la deformación en su 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 8.17** se observa claramente esta ventaja al comparar los aceros con boro: aceros: **19MnB4**; **35B2**; y **32CrB4** frente a los aceros estándar sin boro: aceros **28Cr4**; **37Cr4**; y **34CrMo4** respectivamente.

Resumiendo: el boro (**B**) mejora la conducta de transformación estructural y las características de los aceros al boro con 1 por 100 de cromo [(**0,32 ÷ 0,36**%)**C** + **1%Cr + B**], empleados en la fabricación de tornillos de alta resistencia. Los bajos contenidos de boro (**B**) incrementan la templabilidad de los aceros estudiados, y con ello se alcanzan unas muy buenas características mecánicas, en estado de bonificado, frente a los aceros de igual composición y tratamiento, pero sin boro: aceros tornillería; **34Cr4** y **34CrMo4** respectivamente.

Los aceros al boro (**B**) en general presentan frente a los aceros sin boro de igual templabilidad, una menor resistencia en estado bruto de laminación así como en estado de recocido; circunstancias éstas por las que ofrecen, tales aceros, una mayor aptitud a la conformación en frío.

Los tornillos fabricados de aceros de composición [(**0,32 ÷ 0,36**%) **C** + **1**%**Cr + B]**, con tratamiento final de temple y revenido alto, –*bonificado*– alcanzan sobradamente las características de resistencia y de tenacidad requeridas en las calidades de tornillos **10.9** y **12.9**. Así pues cumplen, ampliamente, con las normas establecidas; y asimismo, con mayor seguridad, en la fabricación de piezas y otros elementos de fijación que tengan una importante longitud – **p.ej.**: *piezas con longitud mayor a* 10 *veces su diámetro*– que puedan bonificarse para alcanzar, con toda garantía, los niveles de resistencia exigidas a dichas piezas en servicio.

Los resultados estudiados confirman que los aceros al boro **32CrB4** y **36CrB4** se pueden utilizar, ventajosamente, en la fabricación de tornillos calidades **10.9** y **12.9**; y son, por tanto, una alternativa fundamental frente a los aceros aleados de construcción estándar para tornillería: aceros **34Cr4** y **34CrMo4** respectivamente.

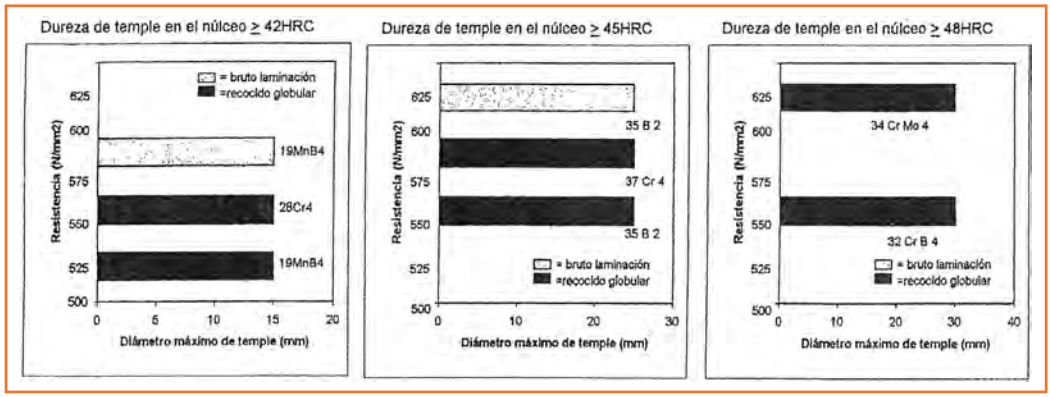


Figura 8.17. Diámetro máximo de temple para asegurar el 90% de martensita en el núcleo con una dureza mínima exigida (HRC = 42 ÷ 46), según la clase de acero –*con boro y sin boro*– Resistencias (N/mm^2) bruto de laminación y en estado de recocido globular.

El III Convenio Colectivo Estatal de la Industria, la Tecnología y los Servicios del Sector del Metal

Por Confemetal

El pasado día 5 de noviembre, CONFEMETAL, CCOO de Industria y FICA-UGT firmaron el III Convenio Colectivo Estatal de la Industria, la Tecnología y los Servicios del Sector del Metal (CEM). El III CEM supone un salto cualitativo en la negociación del Sector, ya que mejora de forma sustancial los contenidos normativos del convenio anterior y, al mismo tiempo, desde el punto de vista de la estructura negocial, sigue dando continuidad a la acusada descentralización en convenios sectoriales provinciales y de empresa que caracterizan al Sector.

La estructura de la negociación colectiva en el Sector está dominada tradicionalmente por el nivel sectorial provincial. Consciente de esa realidad, el CEM no regula ni tiene como fin, negociar condiciones de trabajo de carácter económico, ni la ordenación del tiempo de trabajo, sino un conjunto determinado de materias, entre ellas, todas las reservadas por el art. 84.4 ET y alguna otra respecto de la cuál entiende que resulta adecuada una ordenación común.

El CEM es un convenio para convenir, o mejor un convenio colectivo marco impropio o mixto, que en parte regula condiciones generales de trabajo y en parte la estructura de la negociación del Sector como un convenio colectivo marco.

Este tipo de convenio colectivo estatutario mixto, no es usual en el sistema de negociación colectiva española, dominada por convenios de corte tradicional. En el Convenio Estatal tácitamente, las partes negociadoras han acordado acotar la libertad que les otorga el Estatuto de los Trabajadores para regular, dentro del respeto a las leyes, "materias de índole económica, laboral, sindical y, en general, cuantas otras afecten a las condiciones de empleo y al ámbito de las relaciones de los trabajadores y sus organizaciones representativas con el empresario y las asociaciones empresariales" (Art. 85.1 ET), y "materias de Seguridad Social" (Art. 43, 238 y 239 de la LGSS), ya que regula, como se ha dicho, y con independencia de las materias de contenido mínimo obligatorio establecidas en el Estatuto de los Trabajadores, las "reservadas" al ámbito estatal (Art. 84.4 ET), reserva relativa, ya que el CEM remite a su vez a la negociación de ámbito inferior el desarrollo y concreción de numerosos aspectos de las mismas, de manera que no agota su negociación, en su inequívoco deseo de no invadir ni vaciar de contenido a los convenios colectivos provinciales.

Una de las finalidades más importantes del CEM es blindar a los convenios colectivos sectoriales provinciales, dado que la heterogeneidad de las actividades comprensivas del ámbito funcional del Sector hace que esté especialmente expuesto a la fragmentación y a la acción invasiva de antiguos y nuevos sectores económicos que le disputan dicho ámbito funcional.

Las nuevas tecnologías digitales exigen profundos cambios en el mundo del trabajo. La formación permanente del capital humano se convertirá en los próximos años

en un aspecto nuclear esencial, en el que la negociación colectiva y el diálogo social tendrán un papel determinante.

La formación permanente, la conciliación familiar y laboral, la protección de datos, el derecho a la intimidad, la desconexión digital o los aspectos de sostenibilidad y medio ambiente y la responsabilidad social corporativa y, desde luego, la igualdad entre mujeres y hombres es algo ineludible, es la materia de nuestro tiempo, el convencimiento social sobre el avance en dichas materias no tiene marcha atrás y tendrá su reflejo, nos guste o no, en la nueva negociación colectiva que se avecina.

La negociación colectiva debe impulsar medidas en aspectos como: la orientación de la formación en las empresas hacia los nuevos requerimientos y capacidades, favoreciendo la adaptación y el reciclaje de los trabajadores; el tiempo de trabajo y el desempeño de la prestación en los nuevos entornos laborales marcados por la digitalización y las innovaciones tecnológicas; favorecer que la conciliación entre vida laboral y personal puedan permitir que las nuevas formas de trabajo se utilicen de manera equilibrada entre hombres y mujeres; reforzar la vigilancia de la salud laboral ante el surgimiento de nuevos riesgos como los derivados de la sobreexposición tecnológica; favorecer que las nuevas formas de gestión del trabajo y de las relaciones laborales que permiten las últimas tecnologías (redes sociales, internet de las cosas, inteligencia artificial), que pueden afectar al ejercicio de derechos fundamentales de los trabajadores, se lleven a cabo de forma negociada, equilibrada y transparente.

Para afrontar algunos de los múltiples desafíos de la denominada Cuarta Revolución Industrial, entre los que se encuentra la formación y cualificación de los trabajadores, el CEM apuesta por la creación de un Observatorio Industrial para analizar los cambios industriales y de la organización del trabajo en el Sector en sus múltiples aspectos.

Este III CEM, que en realidad es el segundo que se publica como tal en el BOE, introduce en su texto numerosas novedades. Así, incorpora a su ámbito funcional el mantenimiento y fabricación de sistemas no tripulados, ya sean estos autónomos o dirigidos (los drones, etc.), la fabricación, instalación y montaje de sistemas de seguridad, etc.

Recoge lo dispuesto en el RD-Ley 20/2018, de medidas urgentes para el impulso de la competitividad económica en el sector de la industria y el comercio en España, que establece un nuevo periodo transitorio para aplicar la jubilación parcial con simultánea celebración de un contrato de relevo a los trabajadores de la industria manufacturera, con el objetivo de renovar las plantillas.

Se permite a los convenios de ámbito inferior, que cuando no hay acuerdo entre la empresa y el trabajador sobre la solicitud de la jubilación parcial, pueda intervenir la Comisión Paritaria de estos para intentar dirimir la controversia.

Incorpora también, con igual objetivo, lo dispuesto en el RD-Ley 28/2018, de 28 de diciembre, que reintrodujo en la Disposición Adicional Décima del ET la figura de la jubilación forzosa por cumplimiento de la edad legalmente establecida, siempre que venga prevista en un convenio colectivo y el trabajador cumpla determinadas condiciones y se vincule a objetivos coherentes de política de empleo: la trasformación de un contrato temporal en indefinido o la contratación preferentemente indefinida de un nuevo trabajador o la transformación de un contrato a tiempo parcial en contrato a tiempo completo, o cualquier otra medida dirigida a favorecer la calidad en el empleo que se pueda pactar en los convenios colectivos de ámbito inferior.

Se señala que el derecho a la promoción profesional debe ponerse en práctica en concordancia con los planes de formación y los procedimientos de ascensos, que puedan pactarse en los convenios colectivos de ámbito inferior.

Los ascensos de trabajadores que impliquen mando o confianza son de libre designación del empresario. Los convenios colectivos de ámbito inferior pueden determinar las categorías o grupos de trabajadores con funciones que impliquen mando o confianza.

Se establece que los sistemas de promoción profesional que puedan establecer las empresas, deberán ser objetivos y neutros para evitar discriminaciones y tener en cuenta la composición de la plantilla y los perfiles disponibles para el puesto de trabajo, teniendo en cuenta que estamos en un sector muy masculinizado.

Se permite la polivalencia funcional entre Divisiones del mismo Grupo Profesional, teniendo en cuenta las competencias del trabajador para el desarrollo de las nuevas funciones o en ausencia de éstas la obligación de formarse en dichas tareas.

Para reforzar el objetivo de Igualdad, se recoge la obli-

gación de que el encuadramiento de los trabajadores en los Grupos Profesionales sea objetivo y neutral como garantía de la ausencia de discriminaciones por sexo o de carácter salarial.

Se incluye la modificación del art. 14.2 y 3 ET efectuada por el RD-Ley 6/2019 de Igualdad laboral, para establecer expresamente la nulidad de la rescisión del contrato de una embarazada durante el período de prueba (salvo que la empresa pueda acreditar que los motivos no tienen nada que ver con el embarazo).

En línea con lo previsto en la normativa europea sobre desplazamientos transnacionales, se garantiza a los trabajadores las condiciones de trabajo establecidas en el lugar de destino, sin perjuicio de la aplicación de otras más favorables derivadas de su contrato de trabajo o de su convenio colectivo, como también las relativas a atención sanitaria, gastos de desplazamiento, permisos, incapacidad temporal, etc.

Recoge siguiendo lo dispuesto el art. 34.9 ET (modificado por el RD-Ley 8/2019), de medidas urgentes de protección social y lucha contra la precariedad laboral, la obligación empresarial de registrar diariamente el horario de inicio y finalización de la jornada de trabajo.

En materia de Igualdad, la regulación pactada parte del hecho objetivo de la tradicional escasa presencia de la mujer en el Sector.

Presencia que puede cifrarse en el 13-14% de los trabajadores ocupados, y esto en su mayoría en puestos administrativos, comerciales, técnicos en la fabricación de procesos electrónicos y como profesionales de apoyo.

Por ello, se señala que si se establecen acciones positivas que favorezcan la contratación de mujeres, debe tenerse en cuenta la composición de las plantillas y los perfiles existente del grupo profesional y la función que se vaya a desempeñar.

Se incorpora al CEM lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2007, para la igualdad efectiva entre mujeres y hombres (modificada por el RD-Ley 6/2019), en relación al principio de "trabajo de igual valor" y la obligación de las empresas de llevar un registro de valores medios de los salarios.

En esta materia, se introducen las novedades más importantes sobre los planes de igualdad o el diagnóstico de situación y la brecha salarial, tras los cambios efectuados por el RD-Ley 6/2019, para garantizar la igualdad de trato y oportunidades entre mujeres y hombres.

Dentro del Régimen disciplinario de las faltas muy graves se reproduce la definición legal de Acoso sexual y Acoso moral, y se establece un protocolo sencillo y rápido de actuación en situaciones de acoso sexual y acoso por razón de sexo en el trabajo.

Producida la denuncia correspondiente, se inicia la apertura de expediente informativo, creándose una Comisión de dos personas, y si lo solicita la victima también un miembro de la RLT, para averiguar los hechos, dando audiencia a todos los intervinientes, sustanciándose el proceso en un máximo de 10 días.

Se extiende la formación de 50 horas (nivel básico) a los Delegados de Prevención del Sector del Metal. El convenio anterior ya la establecía para los trabajadores del Sector que realicen su actividad en obras de construcción.

Se recoge lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre de Protección de Datos Personales y Garantía de los derechos digitales, en materia laboral.

Uso de dispositivos de videovigilancia y grabación de sonidos, sistemas de geolocalización, etc. Se recomienda a las empresas con convenio propio la constitución de una Comisión para la Protección de los Derechos Digitales.

Se encomienda a la Comisión Paritaria la elaboración una tabla de equivalencias de los módulos de formación en materia de PRL del CEM, con los certificados de FP y los títulos medio y superior de FP.

Los contenidos mínimos formativos en PRL pactados en el III CEM conllevan algo más que la puesta en conocimiento del trabajador de los riesgos a los que puede estar expuesto y de las medidas para evitarlos, ya que lleva implícita también la idea de enseñanza y de aprendizaje acerca de las medidas necesarias para reducir o eliminar el riesgo y una acción de reciclaje de cuatro horas cada cuatro años.

Dicha regulación formativa mínima pretende dotar a las empresas del Sector, principalmente a las pymes y microempresas, de una cierta garantía jurídica de cumplimiento del deber de seguridad que corresponde al empresario.

No garantiza, como es lógico, en todos los casos, el cumplimiento el art. 19 LPRL, porque ello no depende

de las partes que suscriben el CEM, sino de las propias empresas y de los trabajadores, pero sí facilita su cumplimiento al garantizar una formación mínima de calidad, que en la mayoría de los supuestos es adecuada y suficiente al puesto de trabajo, así como su impartición y homologación por entidades contrastadas.

En materia de prevención de riesgos laborales, el CEM introduce los siguientes cambios:

1) Mejora ampliándolo el plazo de impartición de la acción de reciclaje de 4 horas de formación, pasando de 3 a 4 años, facilitando con ello la aplicación por parte de las empresas de la formación en PRL de los trabajadores (Art. 87.1.e) y 105).

2) El agrupamiento de los módulos C.5) y C.6) en uno sólo, relativo a los contenidos formativos para máquinas de mecanizado por arranque de viruta o por abrasión, ya que se trata de riesgos y medidas preventivas similares, de forma que con ello se evita formar dos veces sobre lo mismo (Anexo II, c.5-6).

3) En los casos de que la actividad principal del trabajador esté formada por varias actividades vinculadas a diferentes oficios, se impartirá el módulo formativo que aglutine el mayor porcentaje o tiempo de la prestación, debiendo cumplimentarse en el plazo de 4 años (antes 3) el contenido formativo de las distintas actividades que conforman la prestación, de manera que se facilita la aplicación del Convenio (Anexo II, c.4).

En definitiva, el CEM es un convenio colectivo para un tiempo nuevo: el que trae la Industria 4.0, en el que la confluencia de las tecnologías supondrá, ya lo está haciendo, numerosos cambios en el empleo, la formación y en la organización del trabajo y, por lo tanto, en el papel que vaya a desempeñar la autonomía colectiva y, desde luego, las organizaciones empresariales y sindicales en los próximos años.

HORNOS PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS AL VACÍO
Temple Gas
Temple Aceite
Revenido
Recocido
Soldadura Brazing
Sinterizado
MIM
Nitruración Baja Presión
Nitruración Iónica
Cementación Baja Presión
EL ESPECIALISTA EN HORNOS DE VACÍO DESDE HACE MÁS DE 70 AÑOS
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L
Polígono Erletxe, Plataforma B, Nave 5 - 48960 GALDACANO - ESPAÑA
Telf. (+34) 944 262 522 - Fax. (+34) 944 262 262
info@aplitec-tt.com - www.aplitec-tt.com - www.bmi-fours.com
APLITEC

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

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

Flexinox
INDUSTRIAL
www.flexinox.com
ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA
TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECAMBIOS EN ACEROS REFRACTARIOS
TUBOS RADIANTES
MUFLAS
RETORTAS
UTILLAJES
CESTAS Y CRISOLES
CADENAS
REPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE HORNOS
(OBRAS REFRECTARIAS)
Representante para España de AUBE-LINDBERG
FILINOX, S.A.
C/ Sant Adrià, 76
08030 Barcelona
Tel.: 93 223 26 62
Fax: 93 223 26 67
customer@inoxidables.com

PYRO CONTROLE
CHAUVIN ARNOUX GROUP
SSi SUPER SYSTEMS INC.
TKK
EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., LTD.
HITECH INSTRUMENTS LTD
WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD.
주식회사 위너테크
Sondas de oxígeno
Analizadores de gases
Pruebas de uniformidad de temp. AMS2750D, E y CQI9 r3
Sondas de temperatura
Videoregistradores
Reguladores de temperatura
Thyristores
Resistencias CSi y MoSi2
Automatización de hornos
ENTESIS
technology
Guitard 72 baixos, E-08014 Barcelona
Tel. (+34) 93 410 54 54, Fax (+34) 93 419 97 33
www.entesis.net - e-mail:info@entesis.net

APLITEC
Utillaje tipo mecano, cestas, tubos radiantes
Fundición acero inoxidable refractario
CFC
CODELE SA
Utillaje forming
ECONOX SR
RD
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L Apdo. 4052 - 48080 BILBAO - ESPAÑA
Tel: +34. 94.426.25.22 Fax:+34. 94.426.22.62 info@aplitec-tt.com www.aplitec-tt.com

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

PROYCOTECME
HORNOS INDUSTRIALES
Especialistas en
tratamiento térmico
SOLO
Borel
Special Furnaces
HORNOS VERTICALES,
TRANSFER Y CONTINUOS
HORNOS Y ESTUFAS
PANELES DE GASES
PANELES DE CONTROL Y SUPERVISIÓN
CONSUMIBLES Y CALDERERÍA
CONSUMIBLES FUNDICIÓN
Ipsen
www.proycotecme.com

Interbil

Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

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

www.interbil.es

ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

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

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

Su Proveedor de soluciones en Tratamiento de Superficies

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

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

wheelabrator
shaping industry

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

alju

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

FABRICANTES CON INGENIERÍA PROPIA

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

ACEMSA

Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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

CRONITE

Better by design

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

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

ERVIN

The World Standard for Quality

FABRICANTE DE GRANALLA DE ACERO Y GRANALLA DE ACERO INOXIDABLE

No sólo ofrecemos la mejor calidad de granalla del mercado, sino también un excelente servicio técnico.

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

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

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

REPRESENTANTE PARA ESPAÑA Y PORTUGAL
Tecnymat Aceros, S.L.
Polígono Industrial Ugaldeguren 3 - Parcela 17-2, Nave 1
48170 Zamudio (Vizcaya)
Teléf.: 944 710 035 - Fax: 944 710 227
tecnymat@tecnymat.com

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS
GmbH & Co. KG

SOLO
Switzerland
Hornos industriales para el tratamiento térmico
www.soloswiss.es
SOLO Swiss SA
email : mail@soloswiss.com - tel. : +34 656 878 067

Ipsen
www.Ipsen.de
Your Total Solutions Provider

Borel
Standard Furnaces & Ovens
Switzerland
Hornos industriales y estufas
www.borel-hornos.com
Borel Swiss SA
email : borel@soloswiss.com - tel. : +34 656 878 067

HOT
écnicas en Hornos HOT, S.L.
- HORNOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO
- UTILLAJES, PARRILLAS, CESTAS
- PINTURAS PROTECTORAS
- HORNOS DE LABORATORIO
- DISEÑO, CONSTRUCCION Y ASESORAMIENTO
- SERVICIO TÉCNICO, REPUESTOS
AICHELIN
Group
Lohmann
Qualität in Edelstahl
Stop off paints LUISO
TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.
Polígono Ibaiondo
Pabellón nº 13
20120 Hernani - Spain
e-mail: hot@tecnicashot.com
TF : + 34 943 33 72 33
Fax : + 34 943 33 72 34
Mv. : + 34 609 20 00 90

Termopares especiales
calibraciones ENAC
automatización de procesos
Reguladores
Video-Registradores
pirometro infrarrojo
calibración hornos de vacio
experiencia
desde -200 a 2400ºC
Termopares
SCI
Suministro y Calibracion Industrial s.l.
www.sciempresa.com
sondas pt-100
instrumentación
servicio técnico
calibración insitu
calibración TUS
cámara termografica
todo en temperatura
Indicadores
consultoria AMS-2750-D
calibración SAT
expertos en normativa aeronáutica
Ribera de Axpe,11,d2,L203,48950 Erandio tel.944765276 sci@sciempresa.com

insertec
Furnaces & Refractories
Etxerre Kaminoa 21 \
48970 Basauri \
Bizkaia \ Spain
Tel.: +34 - 944 409 420
Fax: +34 - 944 496 624
email: insertec@insertec.biz
www.insertec.biz

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

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

INDICE de ANUNCIANTES

3D ADDITIVE 29
ACEMSA 48
ADVANCED FACTORIES 9
ALJU 48
APLITEC 47
ARROLA ..... CONTRAPORTADA
B.M.I. 47
BAUTERMIC 46
BIEMH ..... INT. PORTADA
BOREL SWISS 49
BUSCH 49
CRONITE 17
DEGUISA 47
ENTESIS 47
ERVIN 48
EUROSURFAS 11
FLEXINOX 47
FÓRUM TABIRA 5
GRUPO PIROVAL 46
HEA ..... PORTADA
HORNOS DEL VALLÉS 47
HOT 19
INSERTEC 49
INTERBIL 48
IPSEN 49
LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS ..... 34 y 35
METALMADRID 7
ONDARLAN 25
PROYCOTECME 47
REVISTAS TÉCNICAS ..... INT. CONTRAPORTADA
SOLO SWISS 49
SPECTRO 49
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN 15
TECNYMAT ACEROS 13
TECRESA 47
WHEELABRATOR 48

Próximo número

ABRIL

Nº Especial **AEROSPACE** (Sevilla).

Hornos de sales. Instalaciones de atmósferas protectoras. Refractarios. Aislantes. Quemadores. Calentadores. Calidad. Laboratorio. Reguladores de temperatura. Cañas pirométricas. Metrología. Tratamiento térmico de metales férreos y no férreos.

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

PUEDE DESCARGAR TODOS LOS NÚMEROS GRATUITAMENTE EN:

WWW.PEDECA.ES

Si nos envía un email a pedeca@pedeca.es le añadimos en el correo de distribución cada vez que se edite un nuevo número

PEDECA *Press* Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

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

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.

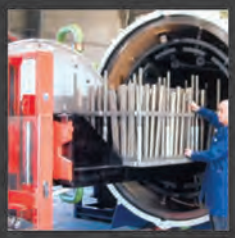
ARROLA®

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

publiadk