TRATER Press
ABRIL 2015 • Nº 46
REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO
www.pedeca.es

insertec
Hornos y Refractarios

SOLUCIONES PARA EL

Tratamiento Térmico

Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.

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

SUBCONTRATACIÓN'15

FERIA INTERNACIONAL DE PROCESOS
Y EQUIPOS PARA LA FABRICACIÓN

26/29 DE MAYO DE 2015

UNA OFERTA GLOBAL SIN PRECEDENTES

Subcontratación '15 es la única Feria Internacional especializada en el sector de procesos y equipos para la fabricación. El próximo mes de mayo reunirá en el BEC a compradores con un alto grado de cualificación profesional y un interés comercial plenamente industrial.

No dejes pasar esta oportunidad única.

26/29 MAYO 2015

SUBCONTRATACIÓN'15 + FERROFORMA + FITMAQ 2015 + MAINTENANCE + PUMPS & VALVES

SEMANA INDUSTRIAL BEC

Tel.: (+34) 94 404 00 78/93
mail: subcontratacion@bec.eu
www.subcontratacionbilbao.com

BEC! BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

Nuestra Portada

Nuestro programa de fabricación incluye aplicaciones de tratamiento en:

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

Tipos de Hornos para estas Aplicaciones y Procesos:

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

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

Sumario • Abril 2015 - Nº 46

Editorial 2

Noticias 4

TRATERMAT 2015 • El Alcalde de Sant Adrià de Besós, visita las instalaciones de Air Liquide • Ventiladores de tejado ATEX antideflagrantes • uEye 3013XC • Nuevo sitio Web de GettinG Robotika • Hornos "Bautermic • SODECA novedades: Proyetos y Diseños CAD 3D • EMISON cambia de domicilio • Nuevo X-GUARD® CONTOUR de SIC Axelent S.A.

Artículos

- THERMPROCESS 2015. Feria internacional especializada en tecnología de procesos térmicos 10
- Nueva Jornada Técnica de Vacío el 19 de Mayo en el INTA (Madrid) 14
- Empresas de toda la cadena de fabricación confirman su presencia en SUBCONTRATACIÓN 16
- Algunas consideraciones sobre el acero con estructura martensítica para tornillería de clase 10.9 sin tratamiento térmico. Acero DUCTIL 100 - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz* (†) 18
- Hornos de convección con carro automático para calentamiento de cargas pesadas - *Por José Manuel Pelayo* 26
- Relaciones microestructura-comportamiento mecánico en un acero microaleado con Nb - *Por Isabel Gutiérrez y Amaia Iza-Mendia* 30
- Monitorización de temperaturas de "troncos" de aluminio en hornos de viga galopante - *Por Ernesto Guerra* 40
- Fórum de ARCAS - *Por Juan Martínez Arcas* 43

EMPLEO 51

Guía de compras 52

Indice de Anunciantes 56

Síguenos en

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

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

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

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

Como venimos anunciando en números anteriores, los días 26 al 29 de mayo se celebrará la **"Feria Subcontratación, Feria Internacional de los Procesos y Equipos para la Fabricación"**. En el mismo escenario y en las magníficas instalaciones de **BEC**, tendrán lugar numerosas actividades y hay organizados bastantes encuentros relacionados con el sector, aportando todo ello como conjunto gran valor al evento.

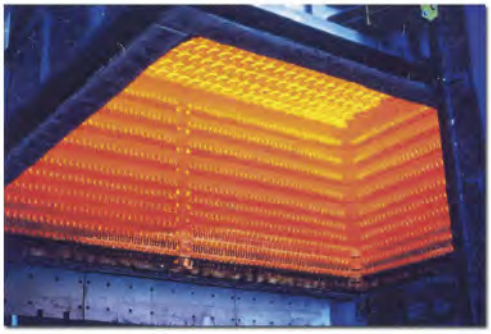
TRATER Press al igual que todas las ediciones anteriores participará con stand en la zona **FEAF**, la zona que la **Federación Española de Asociaciones de Fundidores** agrupa con sus asociados en este evento desde sus orígenes.

Continuando con nuestra labor de difusión, estaremos presentes en **THERMPROCESS** del 16 al 20 de Junio en Düsseldorf, la Feria mundial de referencia en lo que a tratamientos térmicos se refiere. Los 14 pabellones completos así lo atestiguan y donde ha crecido la presencia española con respecto a ediciones anteriores.

Esperamos soluciones innovadoras en ambas ferias y contactos productivos.

Antonio Pérez de Camino

Hornos
Laboratorio e industriales



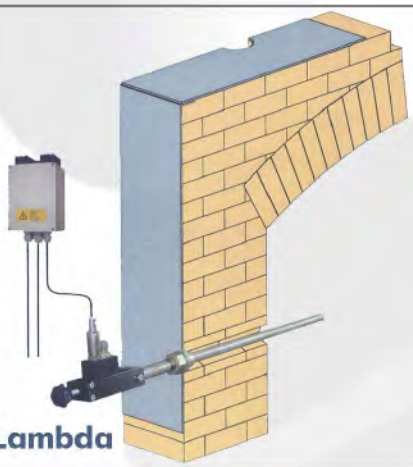
Quemadores
recuperativos y regenerativos

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

AEG
Power supply systems

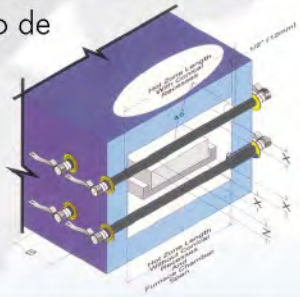
Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic



Sonda Lambda

Carburo de Silicio



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

MoSi2 (Hasta 1800°C)

interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

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

www.interbil.es

SYSTEM CERTIFICATION ISO 9001:2000 SGS ACREDITADO POR ENAC

TRATERMAT 2015

AIMEN Centro Tecnológico organiza, los próximos días 30 de septiembre y 1 de octubre, el XIV Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficies (TRATERMAT), que tiene como principal objetivo promover un punto de encuentro en el que se den cita científicos, tecnólogos y empresarios con un interés común en los tratamientos térmicos y de superficie, así como en los fenómenos relacionados y en sus aplicaciones.

ORGANIZA:

aimen CENTRO TECNOLÓGICO

Secretaría Técnica del Congreso
tratermat@aimen.es

El Comité Organizador les invita a participar de forma activa a través de la presentación de comunicaciones, que deberán estar enmarcadas en cualquiera de las temáticas del programa, y que pueden ser presentadas como ponencia oral o póster.

El programa abordará las siguientes temáticas:

- Recubrimientos y fabricación aditiva.
- Tratamientos superficiales.
- Tratamientos térmicos variados.
- Caracterización.
- Tecnologías de temple.
- Modelado y simulación de tratamientos térmicos y procesos de ingeniería de superficies.
- Medición y control en tratamientos térmicos de ingeniería de superficies.

Más información en la página 9.

Info 1

El Alcalde de Sant Adrià de Besós, visita las instalaciones de Air Liquide

Air Liquide, líder mundial de los gases, servicios y tecnologías para la Industria y la Salud, ha abierto las puertas de sus instalaciones de Sant Adrià de Besós al Ilmo. Sr. D. Joan Callau i Bartolí, Alcalde de Sant Adrià de Besós y a la Teniente de Alcalde Sra. Dña. Filo Cañete. Las autoridades fueron recibidas por Nuria Gil, Delegada Comercial de Cataluña de Air Liquide España, Yolanda Basanta, Responsable de Centro, y Olga Artigas, Delegada de Air Liquide Medicinal.

Durante el recorrido han podido conocer las actividades que se realizan en el centro de trabajo de Sant Adrià de Besós, como el envasado de gases o de oxígeno líquido. Así mismo se les ha explicado las prácticas que la compañía lleva a cabo en medidas de seguridad, resultados que se demuestran con un cúmulo 19 años sin accidentes de trabajo. Air Liquide ha recibido multitud de reconocimientos en esta materia y en otras como calidad o medio ambiente.

Nuria Gil, Delegada comercial de Cataluña explicó que “somos una empresa multinacional con más de 100 años de experiencia en España, que sabe responder y adaptarse a las necesidades de

los clientes locales. Por esa razón tenemos una extensa red en Cataluña, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes en el menor tiempo posible, a la vez que ofrecemos soluciones innovadoras y un servicio personalizado”.

Info 2

Ventiladores de tejado ATEX antideflagrantes

SODECA presenta la nueva serie de ventiladores RFHD: ventiladores centrífugos de tejado con salida horizontal y certificación ATEX Ex”d” para trabajar en atmósferas explosivas.

Esta nueva serie incorpora el sombrerete en Aluminio, que es doblemente ventajoso, puesto que es anticorrosivo y muy ligero, lo cual disminuye mucho el

HEA

SINCE 1945

www.alferieff.com • hea@hornoshea.com

peso total del ventilador y facilita su instalación. Los RFHD van equipados de serie con motores ATEX antideflagrantes Ex"d". Esta nueva gamma se presenta con una extensa variedad de tamaños desde Ø280 hasta Ø800, lo que garantiza una gran adaptabilidad a cualquier tipo de instalación.

Info 3

uEye 3013XC

INFAIMON presenta la nueva cámara de visión artificial UI-3013 XC con sensor Sony CMOS de 13 megapíxeles y autofocus. Dispone de muchas funciones propias de las cámaras digitales de consumo.

La uEye XC funciona con todas las plataformas gracias a la conexión USB 3.0, que permite la transferencia de imágenes de alta resolución a una gran velocidad.

Completamente autónoma, las innovadoras funciones automáticas de esta cámara digital, permiten utilizar esta versátil cámara industrial en modo automático, incluso en condiciones ambientales variables.

La carcasa de magnesio con tornillos de fijación para el conector USB3, admite también su utilización en entornos industriales para aplicaciones de visión artificial.

Info 4

Nuevo sitio Web de GettinG Robotika

GettinG Robotika, ingeniería que se dedica al diseño y fabricación de células robotizadas de rebarbado para piezas de forja y fundición acaba de presentar el rediseño de su sitio Web www.gett-ing.com

El nuevo sitio Web aglutina, además de la información corporativa de la compañía, todas las claves para automatizar los procesos en piezas de diferentes tamaños a través de su célula robotizada kume.

Entre las ventajas de utilizar la célula kume destacan:

1. Incrementar la productividad del proceso de rebarbado hasta un 40%.
2. Eliminar tareas manuales en ambientes hostiles para los operarios.
3. Reducir el número de rechazos en las operaciones.
4. Incrementar de manera notable la calidad global del acabado.
5. Homogeneizar todas las piezas con un resultado 100% uniforme.

"El equipo de GettinG Robotika está formado por los más experimentados profesionales en el sector de los automatismos y la robótica. En todas nuestras soluciones destaca la innovación, siendo especialistas en células de rebarbado de piezas con superficies curvilíneas diseñadas en nuestro Departamento de I+D+i" comenta Borja Sahuquillo, Director Gerente de GettinG Robotika.

Info 5

Hornos "Bautermic"

Diseñados para poder calentar piezas hasta 1.200 ºC con sistema de calefacción mediante resistencias eléctricas, revestimiento interior con material refractario y aislante de baja conductibilidad térmica.

Tipo	Dimensiones interiores útiles ancho x alto x largo	Volumen Ltrs.	Potencia Kw. para 1200ºC
1	250 x 200 x 370	18	5
2	300x 220 x 500	33	6
3	380 x 350 x 400	53	8
4	500 x 400 x 600	120	14
5	500 x 400 x 750	150	18
6	600 x 500 x 800	240	24
7	750 x 500 x 1100	410	32
8	800 x 600 x 900	430	35

Con puerta de apertura lateral o guillotina, van equipados con un cuadro de maniobra automático, adaptado a las necesidades de cada tratamiento.

Todo el sistema constructivo está provisto según la normativa C.E.

Info 6

MÁQUINAS DE MEDIA FRECUENCIA

PARA CALENTAMIENTO Y TRATAMIENTO TÉRMICO

POTENCIAS
DESDE 5 KW
HASTA 50 KW

FRECUENCIAS
DESDE 20 KHZ HASTA 50 KHZ

INDUCTOTHERM GROUP | IBERIA

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

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

INDUCTOTHERM® GROUP

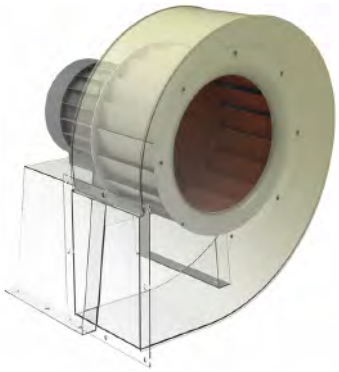
Leading Manufacturers of Melting. Thermal Processing & Production Systems for the Metals & Materials Industry Worldwide.

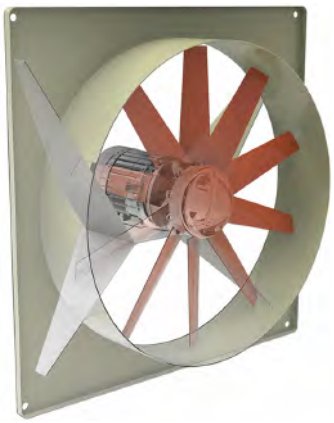
Worldwide Melting Group Companies
Seaford, Australia; Herstal, Belgium; Sau Paulo, Brazil; Shanghai, China; Droitwich, England; Paris, France; Simmerath, Germany; Ahmedabad, India; Irun, Spain; Kobe, Japan; Busan, Korea; Saltillo, Mexico; Taipei, Taiwan; Istanbul, Turkey; Rancocas, USA

SODECA novedades: Proyectos y Diseños CAD 3D

En SODECA hemos desarrollado una solución para ingenierías y departamentos técnicos. Se trata de la herramienta de multi-selección del nuevo módulo PROYECTOS para QUICKFAN, que permite seleccionar centenares de modelos en un sólo paso, por lo que se puede obtener un informe técnico completo en minutos. Permite cargar masivamente los datos de partida des de Excel, editar y gestionar las fichas técnicas, imprimir el informe (con portada e índice) o bien enviarlo a otro QUICKFAN en cualquier parte del mundo.

Además los ingenieros y técnicos podrán ahorrar tiempo de diseño y descargando los diseños de nuestros ventiladores en CAD 3D, gratuitamente desde nuestra web. Pueden elegir entre más de 40 formatos CAD, incluyendo Revit, y más de 2.000 modelos y configuraciones disponibles.





Así que se podrá crear el informe técnico con el módulo de proyectos para QUICKFAN, descargar los diseños CAD 3D des de nuestra web y ahorrar el 50% de su tiempo en crear un informe técnico completo.

Info 7

EMISON cambia de domicilio

La compañía EMISON, continuando con el crecimiento de los últimos años, ha trasladado las oficinas y parte de sus equipos de producción a una nueva nave situada en:

Polígono industrial
de Can Catalá
c/ can Cabanyes nº 99
08401 Granollers – Barcelona.

Nuevo teléfono: 938 792 871.

Con esta ampliación de 500 m2 mejoran la productividad y eficiencia de los procesos, disminuyendo los plazos de entrega.

EMISON es actualmente referente en instalaciones de captación y valorización de biogás, tratamiento y secado de lodos, hornos industriales, incineradores y equipos de reciclado, donde ha realizado desde hace más de 60 años multitud de trabajos tanto en obras parciales como proyectos llaves en mano.

Sus plantas abarcan desde pequeñas instalaciones o hasta completas plantas de gran tamaño.

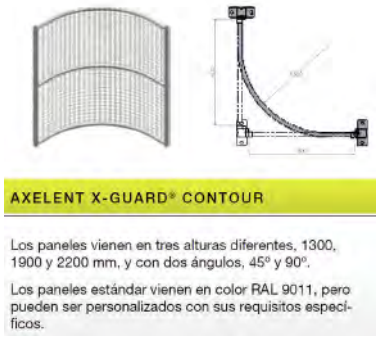
Es de destacar que ha desarrollado su propia tecnología, de la que es totalmente propietaria y

que exporta a casi todo el mundo, desde los programas de control y supervisión hasta todos y cada uno de los equipos que fabrica.

Info 8

Nuevo X-GUARD® CONTOUR de SIC Axelent SA

SIC Axelent, SA ha presentado una protección de maquinaria única en el mercado, con esquinas redondeadas, el X-GUARD® Contour. Hasta el momento nadie se había atrevido a desviarse de las protecciones para maquinaria tradicionales, con ángulos rectos de 90º



El atractivo diseño del X-GUARD® Contour es perfecto para espacios reducidos y encaja al 100% con el entorno productivo. Los nuevos paneles redondeados forman parte de la serie X-GUARD® de SIC Axelent, SA, por lo que son fácilmente combinables con otros componentes de la misma serie.

Info 9

AIMEN2015

AIMEN CENTRO TECNOLÓGICO organiza el XIV Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie

30 septiembre - 01 octubre de 2015

AIMEN Centro Tecnológico organiza, los próximos días 30 de septiembre y 1 de octubre, el **XIV Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie (TRATERMAT)**, que tiene como principal objetivo promover un punto de encuentro en el que se den cita científicos, tecnólogos y empresarios con un interés común en los tratamientos térmicos y de superficie, así como en los fenómenos relacionados y en sus aplicaciones.

El Comité Organizador **les invita a participar de forma activa a través de la presentación de comunicaciones**, que deberán estar enmarcadas en cualquiera de las temáticas del programa, y que pueden ser presentadas como ponencia oral o póster. El programa abordará las siguientes temáticas:

- Recubrimientos y fabricación aditiva
- Tratamientos superficiales
- Tratamientos termomecánicos
- Tratamientos térmicos variados
- Caracterización
- Tecnologías de temple
- Modelado y simulación de tratamientos térmicos y procesos de ingeniería de superficies
- Medición y control en tratamientos térmicos de ingeniería de superficies

El período de recepción de resúmenes finalizará el 15 de marzo de 2015 a las 12:00 horas. Éstas han de enviarse, según el formato adjunto, a la dirección: **tratermat@aimen.es**, indicando en el asunto "Resumen_Nombre y primer apellido del autor".

El Comité Científico del **XIV Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos** procederá a la valoración de los resúmenes y **comunicará a los autores vía e-mail** la aceptación y, en su caso, el formato del trabajo seleccionado.

La recepción de los textos definitivos tiene como fecha límite el 30 de mayo de 2015 a las 17:00 horas.

El período de inscripciones al Congreso se abrirá el 30 de abril y se realizará a través de la web **www.tratermat.es**.

Saludos cordiales,

ORGANIZA:

aimen
CENTRO TECNOLÓGICO

CALL FOR ABSTRACT

Secretaría Técnica del Congreso
tratermat@aimen.es

+ info:
www.tratermat.es

THERMPROCESS 2015 Feria internacional especializada en tecnología de procesos térmicos

Muchos procesos de producción y manipulación requieren calor. La oferta de hornos e instalaciones es, en consecuencia, variada. La feria especializada THERMPROCESS 2015, del 16 al 20 de junio de 2015 en Dusseldorf, proporciona una perspectiva de la situación actual de la tecnología de procesos térmicos, en especial respecto a la industria metalúrgica, de la fundición y siderúrgica.

La tecnología de procesos térmicos es muy compleja. En relación con los metales, es necesaria en procesos como la fusión, el moldeo, la sinterización, la laminación en caliente, la extrusión o la forja, así como en el tratamiento térmico (WBH, por sus siglas en alemán). Se entiende por ello procesos como calentamiento, conservación el calor y enfriado de artículos metálicos en estado sólido, para generar en ellos determinadas propiedades físicas. Por su naturaleza, la tecnología de procesos térmicos tiene mucho que ver también con temas tales como eficiencia energética y de recursos, protección medioambiental, seguridad de los procesos y salud y seguridad laboral.

Situación económica

Tal como informó la Asociación Profesional de Tecnología de los Procesos Térmicos (Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau, VDMA) en enero de 2015, la producción alemana de tecnología de procesos térmicos presentó un incremento del 4% en el primer semestre de 2014 respecto al mismo periodo del año anterior. Los pedidos recibidos a mitad de 2014 superaron el nivel del primer semestre de 2013 en un 11%. Se recibieron sobre todo nuevamente más pedidos del extranjero. A mediados de 2014, las empresas que habían participado a principios de año en la encuesta de la asociación, esperaban para el conjunto del año 2014 un incremento del 4 al 5%. En los primeros ocho meses del año, los productores alemanes de tecnología de procesos térmicos exportaron mundialmente productos por valor de casi 979 millones de euros. Se trata de un 26% menos que en el mismo periodo del año anterior. La exportación a Rusia ha descendido hasta un 42%, lo que cabe atribuir a la incertidumbre consecuencia de los cambios en las condiciones políticas generales. Las exportaciones a otros países de la UE retrocedieron en total un 15%, mientras que las exportaciones a los EE. UU (7% más) y a los mercados del sudeste asiático, en especial Tailandia e Indonesia, crecieron (26% más). China sigue siendo el mayor mercado de clientes para los productores alemanes de tecnología de procesos térmicos, con entregas por valor de 169 millones de euros, aunque desde enero a agosto de 2014, en comparación con el mismo periodo del año anterior, se contabilizó un retroceso del 8%.

Eficiencia energética y de materias primas

Debido a la diversidad de los procesos y sistemas térmicos, resulta difícil prever la evolución futura de los mercados en lo que se refiere a cifras. Pero, en general, la exigencia de un enfoque económicamente viable de la energía y otros recursos, se ha situado en los últimos años cada vez más en primer plano, y la energía es un factor de coste que las empresas tienen cada vez en mayor consideración. El experto en la industria Janusz Kowalewski señalaba en a-

GIFA

NEWCAST

GIFA METEC THERM PROCESS NEWCAST

The Bright World of Metals

N°1 worldwide

DÜSSELDORF/GERMANY
16–20 JUNE 2015

GIFA® NEWCAST®

13TH INTERNATIONAL FOUNDRY TRADE FAIR WITH TECHNICAL FORUM

4TH INTERNATIONAL TRADE FAIR FOR CASTINGS WITH NEWCAST FORUM

GIFA 2015 y NEWCAST 2015: ferias de fundición perfectamente acopladas.

En este punto de encuentro internacional se configuran activamente los mercados de fundición del mañana.

GIFA: la feria internacional líder en tecnología de fundición.

NEWCAST: la feria monográfica más importante de productos de fundición.

Bienvenido al mundo de la moderna tecnología de fundición, bienvenido a Düsseldorf!

eco Metals
EFFICIENT PROCESS SOLUTIONS

www.gifa.com
www.newcast.com

Expo-Düsseldorf España, S.L.
C/. Fuencarral, 139-2° D _ 28010 Madrid
Tel. (0034) 91 594 45 86
Fax (0034) 91 594 41 47
info@expodusseldorf.com

Messe Düsseldorf

gosto de 2014 en la red LinkedIn, que el 17% de la energía consumida industrialmente en los EE. UU corresponde a procesos de tratamiento térmico, lo que a su vez puede corresponder a hasta un 15% de los costes de fabricación de un producto (Kowalewski: Overview of the Global Heat Treatment Industry). Según conclusiones de la federación industrial CECOF (The European Committee of Industrial Furnace and Heating Equipment Associations), muy activa a favor de los intereses de los productores europeos de hornos industriales e instalaciones de tratamiento térmico, hasta un 20% de las máquinas y procesos utilizados en la producción industrial tienen más de diez años, y consumen más energía de la necesaria. Se deben desarrollar medidas para reducir el consumo energético de esas instalaciones y recortar así los costes.

Modernización, flexibilidad, servicio al cliente

Debido a la propia oferta para actualizar las instalaciones existentes, surgen también nuevos mercados, como afirmó el Dr. Andreas Seitzer, Presidente de la Asociación Profesional de Tecnología de Procesos Térmicos en VDMA, en una entrevista publicada por la asociación en enero de 2015. En China hay una gran demanda de modernización y renovación de las instalaciones viejas existentes. Sin embargo, los productores de instalaciones de tecnología de procesos térmicos no se contentan con medidas de modernización. En el campo de las novedades, por ejemplo, se han logrado también grandes avances en la tecnología de control, de forma que las instalaciones modernas calentadas por inducción, en comparación con las de las generaciones previas, presentan unos potenciales de ahorro de hasta un 30%. También hay demanda de los hornos e instalaciones que ofrecen a los operadores más flexibilidad. Otro campo interesante es el de las soluciones combinadas, que son denominadas también tecnología híbrida, y se caracterizan por la combinación de distintos tipos de generación de calor. Constituyen un ejemplo las instalaciones a gas con calentamiento de inducción: el calentamiento por inducción permite un rápido precalentamiento y la combustión de gas armoniza la temperatura en el horno. También tiene sentido el procedimiento inverso: primero un fuerte calentamiento con un horno de gas o petróleo y después, en cierta medida, el ajuste preciso con ayuda de un calentamiento por inducción. Finalmente, presenta también un alto potencial de incremento de eficiencia la utilización del calor residual que deriva de los procesos de producción. De un informe aparecido recientemente en el semanario “VDI nachrichten” se desprende que más de un tercio de la energía consumida en las industrias de Alemania se pierde como calor residual no utilizado. Por tanto, los fabricantes de instalaciones de tecnología de procesos térmicos pueden contar con que sus productos y servicios sigan siendo solicitados, y en especial, como espera el Dr. Seitzer, la demanda de productos que deben ser fabricados mediante una “ruta de proceso térmico” aumentará con el crecimiento de la población.

La feria especializada THERMPROCESS 2015

Las empresas que realizan procesos térmicos deben prestar atención a la eficiencia energética y de materias primas. Las instalaciones de tratamiento térmico modernas desempeñan aquí un importante papel. Informa sobre los desarrollos con visión de futuro la feria especializada internacional THERMPROCESS, que se celebra de forma paralela a las ferias temáticamente similares GIFA, METEC y NEWCAST, con la idea básica común The Bright World of Metals. La THERMPROCESS 2015 tendrá lugar del 16 al 20 de junio de 2015 en Dusseldorf.

metalmadrid `15

VIII FERIA INDUSTRIAL de la COMUNIDAD DE MADRID

4-5 Nov. 2015
Pabellon 6

TODA LA INDUSTRIA EN EL MISMO ESPACIO

COMPOSITE SPAIN
II FERIA INDUSTRIAL de MATERIALES COMPUESTOS

ROBOMATICA
III SALÓN INDUSTRIAL de la ROBÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN

MOLD MADRID
ESPACIO EXCLUSIVO para el MOLDE Y MATRICERÍA

90 % YA RESERVADO

¡ ULTIMOS STAND
NO TE QUEDES SI ESPACIO !

PATROCINAN

Hoffmann Group
Tools to make you better

TRUMPF

FUCHS

SCHUNK

COLABORAN

AIRBUS
Talgo
Gestamp
Gobierno de España – Ministerio de Industria, Energía y Turismo

ORGANIZA

grupo metalia

www.metalmadrid.com
hola@metalmadrid.com

Nueva Jornada Técnica de Vacío el 19 de Mayo en el INTA (Madrid)

Oerlikon Leybold Vacuum, fabricante líder internacional de bombas y sistemas de vacío, así como de sistemas de recubrimientos por vacío y detección de fugas, tiene el placer de anunciar sus nuevas Jornadas Técnicas de Vacío 2015.

El INTA, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, albergará el martes 19 de Mayo en sus instalaciones de Torrejón de Ardoz (Madrid), la nueva Jornada Técnica de Vacío de Oerlikon Leybold Vacuum.

La Jornada

En esta nueva Jornada se tratará de vacío y su utilización en aplicaciones tan interesantes como la aeronáutica, la simulación espacial, los tratamientos térmicos, cámaras PVD... ¡Entre otras muchas! Los ponentes son expertos en vacío quienes trabajan sobre el diseño de productos desde la I+D, hasta su aplicación en cliente.

Los sistemas de vacío son imprescindibles en muchas aplicaciones, los destinatarios de estas jornadas son tanto empresas como centros de investigación que requieran del uso del vacío.

¡Para el final del día está organizada una visita de las instalaciones del INTA!

Metrología y calibración

Además, gracias a la colaboración del Centro de Metrología y calibración de INTA, también se hablará de los aspectos fundamentales en medición de vacío. El INTA es uno de los laboratorios de calibración más avanzados del mundo.

Dispone de más de 2.000 equipos y sistemas de medida, ubicados en un moderno edificio de 4.000 m2 de planta, construido para minimizar vibraciones y perturbaciones radioeléctricas, y dotado de un sistema de climatización que facilita un riguroso control de las condiciones de ensayo.

El INTA, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

El INTA es el Organismo Público de Investigación especializado en la investigación y desarrollo tecnológico aeroespacial.

Desde su creación en 1942 el INTA ha desarrollado una intensa actividad, primero en el campo aeronáutico y posteriormente en el espacial. Otras de sus áreas tecnológicas están relacionadas con energía, medio ambiente, automoción y seguridad en el transporte.

El INTA es un presupuesto que sobrepasa los cien millones de euros, de los cuales casi un 60% se destina a equipamiento científico y tecnológico. Su plantilla está formada por más de 1.200 personas, de las cuales aproximadamente un millar se dedica a actividades de I+D.

Contacto para su registro

Fecha límite de inscripción hasta el 11 de Mayo.

¡Ojo, Aforo limitado!
Marie Vaudolon
Tel.: +34 93 666 43 11

Programa

09:30. Registro.

10:00. Bienvenida.
INTA.
OLV España y Portugal.

Dieter Muller/ Ralf Funke. Inglés.
Tecnologías de alto-vacío: turbomolecular, criogenia, cabezas frías para bajas temperaturas.
Simulación espacial.
Simulación de altitud.

Descanso café.

Stefan Lausberg. Inglés.
Tecnologías del vacío para la industria aeroespacial (incluidos tratamientos térmicos, detección de fugas y composites).

Aperitivo lunch.

Ponente invitado (a confirmar)

Héctor Fuentes (INTA). Castellano.
Medición e instrumentación.

Dieter Muller/ Ralf Funke. Inglés.
Instrumentos de medición de vacío.

Descanso café.

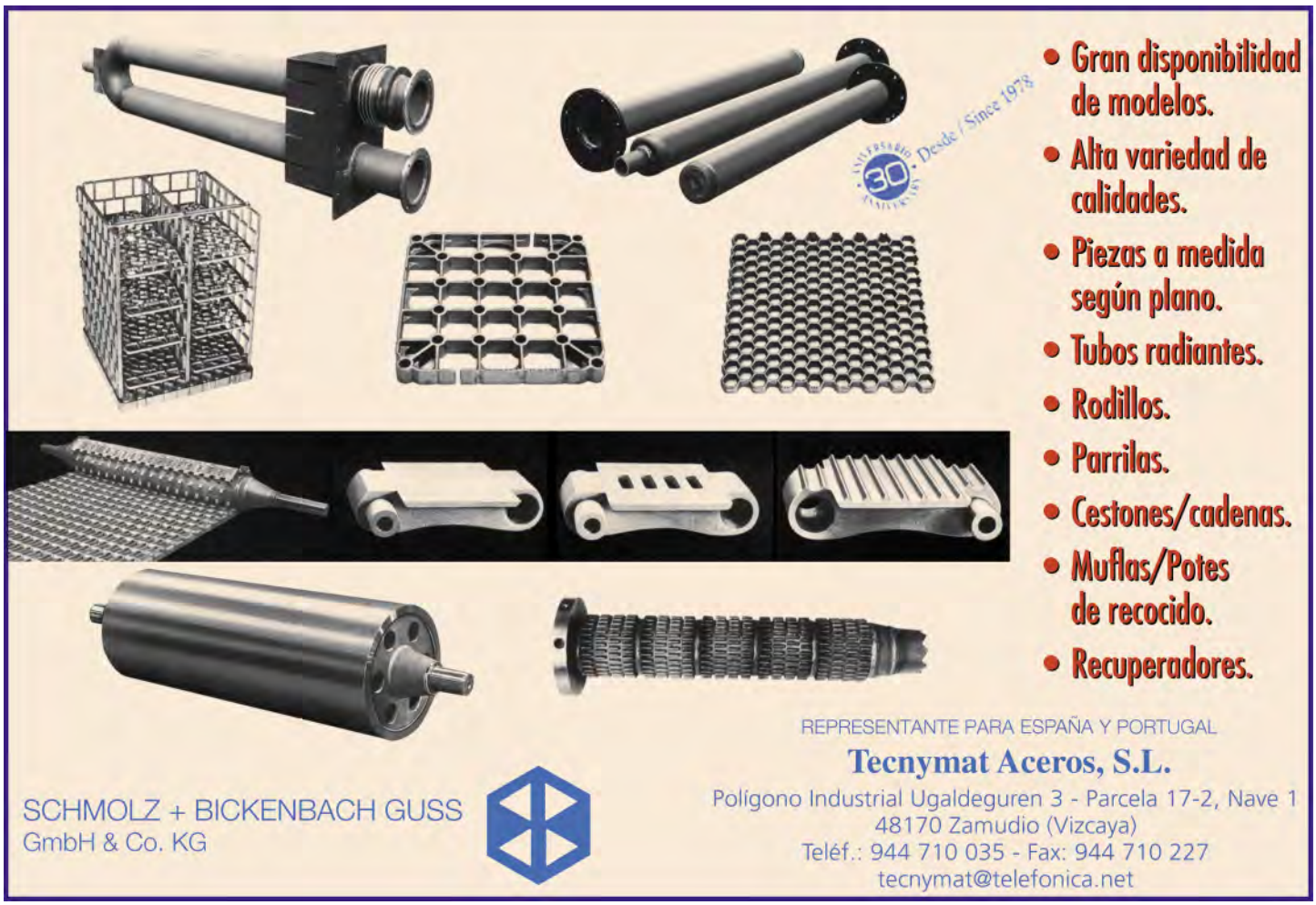
Armin Hestermann. Inglés.
Cámaras y sistemas PVD para recubrimientos en vacío y alto vacío. Técnicas: Thermal evaporation, e-beam, ion-beam, sputtering, laser…

Stefan Lausberg. Inglés.
Procesos de recubrimientos en aplicaciones para la industria aeroespacial.

Visita instalaciones de INTA.

Preguntas y entrega del Certificado de Asistencia.

19h00. Clausura del seminario.



Empresas de toda la cadena de fabricación confirman su presencia en SUBCONTRATACIÓN

Los profesionales encontrarán soluciones completas para la fabricación de sus productos en SUBCONTRATACIÓN, cuyo listado de expositores incluye ya a empresas pertenecientes a toda la cadena de procesos para la producción de bienes de equipo. Hasta la fecha, un total de 461 firmas expositoras han reservado su espacio en el certamen, que celebrará su 17ª edición los días 26 al 29 de mayo en Bilbao Exhibition Centre con una oferta muy amplia y un esquema comercial propio, basado en la combinación de feria y foro de encuentros B2B de gran formato.

Reforzada por las primeras señales de recuperación económica, la campaña del certamen avanza también con cifras positivas en el apartado de inscripción de visitantes y ya son más de 5.000 los profesionales registrados en SUBCONTRATACIÓN, donde buscarán proveedores, tecnología avanzada, respuestas a la carta y, en definitiva, nuevas oportunidades de negocio.

SUBCONTRATACIÓN aglutinará en un mismo espacio, exposición, jornadas técnicas y un programa de entrevistas B2B con compradores internacionales de primera línea, un concepto diferenciador que los profesionales del sector están valorando de forma muy notable.

El área expositiva de SUBCONTRATACIÓN se repartirá entre aquellas empresas dedicadas a procesos de fabricación como la fundición, la mecanización de piezas con arranque de viruta y los moldes, modelos, matrices y troqueles, entre otros, y las de maquinaria y equipos para fundición, forja, tratamiento de superficies, soldadura y siderurgia, principalmente. Como novedad, la Feria Internacional de Procesos y Equipos para la Fabricación dedicará este año, además, un área especial a dos nuevos sectores, la fabricación aditiva, espacio que estará impulsado por ADDIMAT, Asociación Española de Fabricación Aditiva y 3D, y los composites. En ella, empresas y centros tecnológicos mostrarán su oferta, experiencias y productos más competitivos y de mayor desarrollo.

Todas ellas podrán participar en el XV Encuentro Europeo de la Subcontratación Industrial, en el que estarán presentes los sectores de actividad de sus principales clientes, como el ferroviario, el energético, el siderúrgico, el de técnicas médicas, el electrodoméstico, el de automoción y el petroquímico. El Encuentro será el mayor foro de entrevistas celebrado hasta la fecha en el país.

SUB CON TRATA CIÓN'15
FERIA INTERNACIONAL DE PROCESOS Y EQUIPOS PARA LA FABRICACIÓN
26/29 DE MAYO DE 2015

Por su parte, el programa de jornadas tiene cerradas ya intervenciones sobre contenidos muy diversos, como la "Situación actual de la autorización ambiental, modificación substancial, informe base e inspecciones periódicas" a cargo de AIAS, Asociación de Industrias de Acabados de Superficies, "Maquinaria y Subcontratación" de OSALAN, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, "Oportunidades de inversión en Túnez; la subcontratación y la innovación en el sector de la industria electromecánica" de la Agencia de Promoción e Inversión FIPA TUNEZ, "Fabricación Aditiva en el desarrollo de piezas de gran tamaño" de TECNALIA, "Presentación de Tecnologías en Fabricación Aditiva" de empresas asociadas a ADDIMAT, "El valor de lo intangible. La importancia de la Propiedad Industrial e Intelectual para las empresas" de OEPM, Oficina Española de Patentes y Marcas, y una Jornada Técnica sobre "Pre-tratamientos y acabados industriales", organizada también por AIAS.

Las empresa aeronáuticas tendrán su propia zona expositiva en AEROTRENDS, en la que ya han confirmado su presencia cerca de 80 firmas y entidades, entre ellas dos de las principales asociaciones de referencia, HEGAN, Asociación Clúster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco, y AERA, Aragonian Aerospace Cluster.

La jornada del 28 será la de mayor actividad en torno a este sector; a lo largo del día se desarrollarán las jornadas técnicas, organizadas por Ik4 Research Alliance, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, Mondragón Unibertsitatea, Fundación Tecnalia, CTA y Hegan bajo el título "Panorámica global de las tendencias de futuro de la fabricación aeronáutica dentro de la estrategia de Industria 4.0", y el programa B2B de entrevistas concertadas. El programa de invitaciones a compradores internacionales VIP se encuentra en su segunda fase y ya se ha establecido contacto con las empresas seleccionadas, para gestionar directamente con ellas su visita a Bilbao Exhibition Centre en mayo

© appeal 104 503

Una flexibilidad que renta

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

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

¡Póngase en contacto con nosotros para más información!

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

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

Algunas consideraciones sobre el acero con estructura martensítica para tornillería de clase 10.9 sin tratamiento térmico. Acero DUCTIL 100

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

Introducción

Los clásicos aceros de temple y revenido, que tradicionalmente se vienen empleando en la fabricación de tornillos mediante conformación en frío, poseen una amplia gama de composiciones: aceros al carbono, aceros aleados y/o aceros de bajo-medio carbono con adiciones de boro (**B**). Tales aceros se suministran generalmente en estado laminado y recocido, para que después de ser trefilados sufran el proceso de hechurado. La pieza conformada es posteriormente templada y revenida de manera que alcance las especificaciones requeridas en norma.

Así pues, los factores más significativos que inciden en el coste final del producto obtenido son: aleación del acero, tratamiento térmico de recocido, estampación de la pieza, y bonificado –temple + revenido– previo.

Entre las posibilidades alternativas para la reducción del coste final de la pieza conformada, está la utilización de aceros con estructura obtenida en bruto de laminación, que mediante trabajado y hechurado en frío, alcance las características exigidas sin necesidad de tratamiento térmico [bonificado] posterior; **figura 1**.

En este sentido se han realizado estudios sobre estructuras de fase dual, los cuales presentan el problema de la disminución de características a altas temperaturas de servicio [Tª ≥ 400 °C]. También estructuras de ferrita-perlita que logran el incremento de resistencia mediante la acritud que le confiere el estirado en frío, pero que suele venir acompañado del problema de ductilidad en la zona de unión caña/cabeza del tornillo conformado.

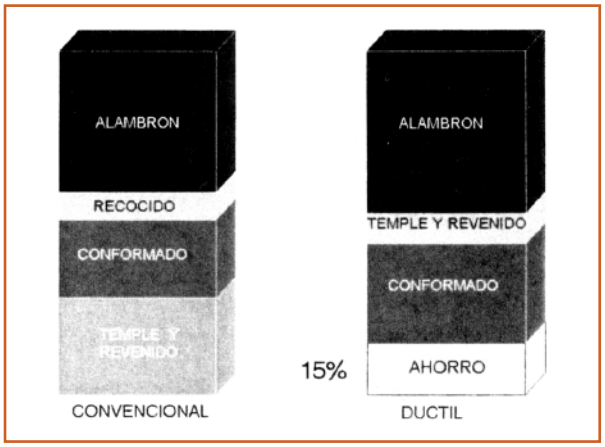


Figura 1. Gráfico comparativo de costes de producción utilizando un acero de tornillería convencional y el acero DUCTIL 100.

En la última década del siglo pasado, el departamento de I+D del grupo ACENOR realizó y finalizó con éxito un estudio, con ayuda financiera de la Comunidad Europea, para la producción industrial de alambrón de acero de bajo contenido de carbono templado y revenido, que es directamente deformable, con una estructura de martensita dúctil y bainita con bajo y muy bajo carbono, para la fabricación de tornillos de las clases 8.8 y 10.9, estampados en frío en máquinas transfer convencionales, sin bonificado previo del tornillo.

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

En el campo de los aceros para tornillería se han dedicado pocos esfuerzos al estudio de las estructuras bainíticas y martensíticas, mayormente debido a la falta de ductilidad a la que comúnmente se asocian. Sin embargo, y antes de la realización del presente estudio, en la bibliografía ya se encontraban trabajos sobre estructuras de temple en aceros con muy bajo contenido de carbono.

En los aceros que nos ocupan, se logran resistencias comprendidas entre 1.000 y 1.190 MPa, temperaturas de transición TK 100 J próximas a –50 °C y estricciones del orden del 70%, que confirman el importante éxito del proyecto desarrollado.

La ductilidad de las estructuras martensíticas está ligada al contenido de carbono en solución y al tamaño de grano de los paquetes martensíticos o bainíticos. Si disminuye el contenido de carbono, la red cristalina de la martensita pierde su tetragonalidad tendiendo a achatarse y presentando una red cúbica centrada (cc), –**figura 2**– que tiene asociadas moderadas resistencias y elevadas características de estricción.

Es bien conocido que adiciones de elementos microaleantes son también de gran ayuda para inhibir el crecimiento del tamaño de grano austenítico y para lograr altas templabilidades. En este sentido, el elemento boro (**B**) es el que muestra una mayor efectividad en el temple. Por otra parte, el niobio (**Nb**) muestra un efecto sinérgico al combinarse con el boro, que hace que la efectividad de ambos aleoelementos se incremente, en mayor medida, cuando actúan combinadamente, más que cuando actúan por separado.

La diferencia de este proyecto con otras existentes rutas de fabricación propuestas para la fabricación de esta calidad y grado de tornillos, sin bonificado posterior, consiste en la fina estructura acicular que se obtiene de bainita y martensita dúctil. Esto es debido a la sensible igualdad de los parámetros cristalinos de la red de la martensita de muy bajo contenido en carbono; ver **figura 2**.

2. ACERO DÚCTIL PARA TORNILLERÍA DE ALTA RESISTENCIA

Durante la etapa de desarrollo del nuevo acero

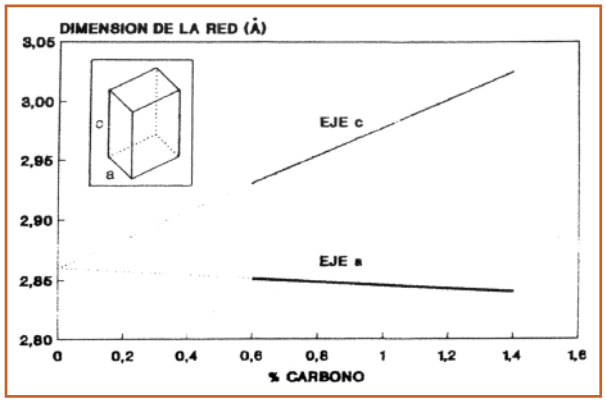


Figura 2. Dimensiones de la red cristalina de la martensita en función del contenido en carbono.

se estableció la fabricación de unas series de tornillos con una resistencia superior a 950 MPa. Este hecho nos permitió pensar en que esta ruta podía ser idónea para la obtención de un alambrón de acero templado directamente de laminación, apto para la fabricación de tornillos de la clase o grado 10.9 sin tratamiento posterior a la estampación.

2.1. Experiencias para la selección del acero

A la vista de los trabajos publicados sobre este tema, y de nuestra experiencia anterior con el acero para tornillería de resistencia media, el primer paso en la investigación comenzó por el diseño básico de composición, a partir del cual podrían obtenerse las características mecánicas buscadas.

En primer lugar se previeron coladas con dos niveles de carbono: una con 0,10% **C** y otra con 0,15% **C**. En la colada de carbono más bajo se le añadió un níquel (**Ni**) residual alto y algo de cromo (*Cr*), a fin de incrementar la templabilidad.

Por otro lado, las experiencias con el acero de contenido más alto de carbono (**C** = 0,15%), eran consideradas como más viables. En esta serie estaba previsto realizar dos coladas experimentales, con contenido de carbono (**C**) y boro (**B**) semejantes, con variaciones de niobio [**Nb** = (0,029 ÷0,040%)] y nitrógeno [**N** = (55÷ 87 ppm)].

En otra prueba, se planteó una composición con un bajo contenido de titanio (**Ti**) y dos niveles de nitrógeno (**N**), mientras que en otra serie de aceros se mantuvo el titanio (**Ti**) reducido y nitrógeno (**N**) controlado; modificándose los contenidos de manganeso (**Mn**) y de cromo (**Cr**). Con ello se intentó buscar una mayor estabilidad de revenido.

Por último, se aumentó ligeramente el contenido de cromo (**Cr**) y se añadió molibdeno (**Mo** = 0,20%), con lo cual se intentó caracterizar un material –***a-cero***– con menor contenido de carbono.

2.2. Caracterización del material experimental

En un proceso similar al efectuado con la calidad del acero para la fabricación de tornillos de la clase 8.8*, las conclusiones a las que se ha llegado son las siguientes:

- Para una temperatura de austenización del material de 1.000 °C, la curva **TEC** del diagrama correspondiente indica que son suficientes velocidades de enfriamiento de 10 °C/s en rango de temperaturas comprendido entre 1.000 y 500 °C –**figura 3**– para obtener estructuras totalmente libres de ferrita. Por otra parte, con velocidades de enfriamiento de 30 °C/s se consiguen estructuras enteramente martensíticas, –*sin vestigio de bainita*– siempre cuando la composición del acero en cuestión, tenga un contenido de boro activo superior a 20 ppm (B_{activo} > 20 ppm).

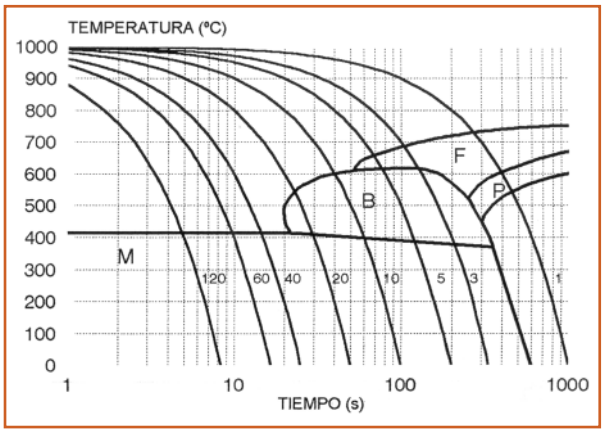


Figura 3. Diagrama de enfriamiento en continuo TEC del acero DUCTIL 100. Curvas de enfriamiento.

- Las durezas obtenidas para una velocidad de enfriamiento de 20 °C/s están muy próximas a 400 HV1, que permite cumplir holgadamente las especificaciones de los tornillos de la clase 10.9.

* Ver revista TRATER Press; Nº 35 págs. 35-38. Junio 2014.

- Los ensayos mecánicos realizados a muestras de todas las coladas de laboratorio, revelan que el proceso de temple directo efectuado tras el calor de laminación es factible a escala industrial, con la instalación de temple al final de laminación: tanque de enfriamiento EDC.

- Los mejores resultados se alcanzaron en una colada a la que se añadió cromo (**Cr** = 0,40%) y molibdeno (Mo = 0,20%), con la que obtuvieron valores que sobrepasaron a los especificados para tornillos de la clase 10.9. Este hecho motivó, que en una fabricación industrial del material con procesos de afino, solidificación y laminación en caliente, totalmente diferentes de los sufridos por el material de coladas experimentales, se alcanzaran los niveles exigidos de resistencia y dureza – ≥ 1.000 MPa– juntamente con una buena aptitud a la deformación plástica en frío.

- Con el revenido previo del material –*que sigue al temple del alambrón con enfriamiento en el tanque de agua EDC*– mejora muy sustancialmente su conformabilidad; alcanzando grados de reducción de 1/6 como media, que se pueden considerar como excelentes.

- A la vista de los resultados de los aceros ensayados para la clase o grado de tornillos 10.9, combinando las características de resistencia/dureza y tenacidad, se puede decidir el contenido de carbono más apropiado y necesario para cumplir las especificaciones de esa clase de tornillos (10.9).

2.3. Fabricación del acero a escala industrial

De acuerdo con los resultados de los ensayos de caracterización de las coladas experimentales del producto, el diseño de la especificación química se ha centrado en los siguientes puntos:

- Contenido de carbono el menor posible (C≤ 0,14). **Figura 4**.

- Eliminar al máximo el azufre (S) y elementos residuales.

- Combinar nitrógeno (**N**), titanio (**Ti**), aluminio (**Al**) y niobio (**Nb**) a fin de lograr un nivel de boro activo superior a 20 ppm (B_{activo} > 20 ppm).

- Alcanzar un alto compromiso entre el nivel de

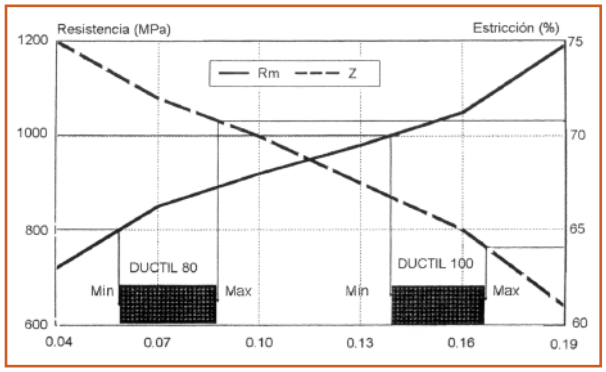


Figura 4. Influencia del contenido de carbono (%) en las características de los aceros de temple directo por calor de laminación.

resistencia y la aptitud a la deformación plástica en frio.

Para ello, las especificaciones en cuanto a la composición química del material, se han fijado en la **tabla I**.

%C	%Si	%Mn	%Cr	%Mo	%Ti	%Nb	$B_{act.}$
0,14	0,10	1,30	0,40	–	0,010	0,020	0,0015
0,18	0,40	1,80	0,80	0,20	0,040	0.050	–

***Tabla I**. Composición química de las coladas experimentales a escala industrial del material que nos ocupa.*

En el proceso de fabricación se han laminado rollos de alambrón de diámetro 5,5, de 10 y de 15 mm, respectivamente, y se han templado directamente tras el calor de laminación, enfriándose en tanque de agua fría EDC.

Se ha comprobado que el proceso de temple directo del alambrón a la salida del tren de laminación, según el procedimiento descrito, es suficientemente efectivo. De forma global los resultados d resistencia se encuentran entre 1.420 y 1.480 MPa, presentando todo el material unas estructuras completamente aciculares, principalmente martensíticas.

El temple es homogéneo y correcto a lo largo de todos los rollos, encontrándose pocas diferencias de resistencia/dureza entre muestras de la cabeza, centro o final de un mismo rollo de 1.500 Kg. Esto demuestra que la renovación constante del medio de enfriamiento –*agua tanque* EDC– es suficiente para mantener el baño por debajo de la temperatura necesaria a la que se ha de templar [$T^a_{baño}$ = (65 ÷ 75 ºC)], a pesar de la aportación del calor suministrado por la continua entrada de alambrón en el baño de temple.

Con el alambrón laminado y templado se han realizado ensayos del material revenido a distintas temperaturas y grado de estirado. Ensayos tendentes a conocer la aptitud de deformación plástica en frío y en diferentes condiciones; y así simular los resultados que se pueden producir durante la estampación del tornillo. Todo ello para conocer la temperatura ideal de revenido para obtener un alambrón, que después de estirado, ofrezca las características exigidas y necesarias en tornillos de clase o grado 10.9.
Los resultados de las distintas combinaciones de estirado [ø 5,5; ø10; ø15 mm y grado de reducción de 50%] con revenidos a distintas temperaturas [500, 550 y 600 ºC] conllevan a las siguientes conclusiones:

- Se confirma la existencia de un estándar de resistencia/dureza para temperaturas de revenido entre 500 y 600 ºC, –**figura 5**– que cumplen el mínimo exigido en la norma para tornillería de alta resistencia. Hecho igualmente factible para todas las reducciones por estirado realizadas.
- En material sólo templado y revenido, el límite elástico (**LE**) es igual o superior al 94% de la resistencia (**R**), y esto para todas las temperaturas a las que se ha revenido. Valores que, lógicamente, se aproximan todavía más cuando el material ha sufrido deformación en frío.

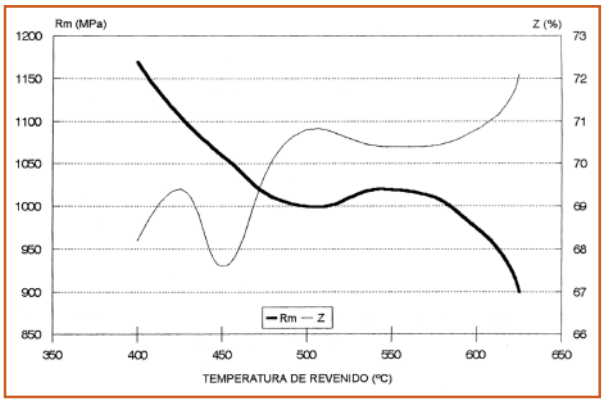


*Figura 5. Influencia del contenido de carbono (%) en la resistencia (**R**) y estricción (**Z**%) en los aceros de temple directo por calor de laminación.*

- Para todas las combinaciones de resistencia/estirado, el material ha sufrido reducciones de área –*sin ninguna dificultad*– entre 55 y 65%. Condición que puede considerarse excelente.

- En este sentido, las pruebas de recalcado, a diferentes reducciones de trefilado, han demostrado

que los materiales templados revenidos tienen una muy buena capacidad de recalcado, e incluso una vez han sido estirados en frío con una reducción tan importante (60%). La capacidad de deformación aumenta de una manera considerable cuando el material sufre revenidos a temperatura superior a los 500 °C. A mayor temperatura de revenido (580/600 °C) se alcanzan niveles de recalcado que suponen disminuciones de altura de la probeta ensayada de hasta el 1/6.

- Cabe destacar que el incremento de resistencia, debido al trefilado, es moderado para cualquier temperatura de revenido del alambrón utilizado. Estos reducidos incrementos en la resistencia del material estirado en frío, que son achacables al bajo contenido en carbono (C) que presenta la martensita, permiten un buen control de la resistencia final del tornillo durante su proceso de estampación.

Resumiendo: la mejor combinación de dureza/resistencia, ductilidad y respuesta al estampado en frío de tornillos de la clase 10.9, se obtiene de un alambrón templado directamente al final de la laminación y revenido previo a una temperatura en el entorno de 575 y 600 °C, y después trefilado a un grado de reducción de hasta 1/6; **figura 6**.

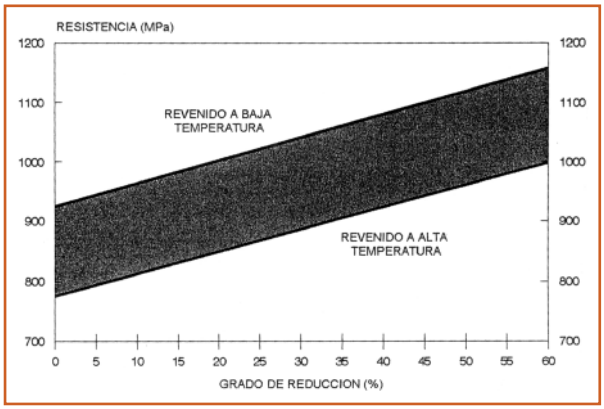


Figura 6. Incremento de la resistencia según el grado de reducción de estirado para la gama de revenidos.

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

5. CALIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LOS TORNILLOS

La calidad y fiabilidad del alambrón de acero **DUCTIL 100** ha sido contrastada mediante la fabricación a escala industrial de varias series de tornillos, clase 10.9, de cabeza hexagonal plana recortada y de métrica M8x30 y M8x55; para comprobar la aptitud de conformabilidad en frío del alambrón templado y revenido. Para la fabricación de tales tornillos, no se han variado los parámetros habituales de las clásicas máquinas transfer convencionales, no detectándose ningún tornillo con problemas de estampado en ninguna etapa de fabricación.

Dada la limitación de las series de tornillos industrialmente fabricados, no se ha podido establecer con rigor el incremento de desgaste habido en el conjunto de herramientas utilizadas. Aumento de desgaste previsible que es ciertamente achacable al incremento de resistencia/dureza del material en cuestión a la entrada en máquina; pero el ahorro que supone la no necesidad de un tratamiento térmico de bonificado posterior del tornillo, compensa ese sobrecoste que representa la fabricación clásica de tornillos a los que hay que templar y revenir, después de ser estampados.

Para reducir en lo posible el nivel de desgaste hay que incidir sobre los siguientes factores:

- Máxima reducción de las inclusiones abrasivas del material, haciéndolas, en todo caso, más deformables.
- Optimización de la dureza/resistencia del material a la entrada en máquina.
- Reducción al máximo posible de la velocidad de estampación del tornillo.
- Optimización de los grados de reducción, por cada estación, dentro del proceso de estampación del tornillo.

Especial relevancia adquiere la regularidad de resultados de microdureza efectuados a las diferentes fases de fabricación del tornillo, tanto en cabeza como en la caña. **Tabla II**.

Así pues, todos los ensayos de los tornillos fabricados arrojan unos resultados muy favorables, tanto en valor absoluto como en regularidad. Cabe destacar, por su especial importancia, que ninguno de los tornillos ensayados: ni en tracción simple, ni en tracción oblicua, ni en el ensayo de carga de prueba, han descabezado ni han presentado ningún tipo de grietas en la zona de acuerdo cabeza-caña.

ENSAYO	M8x30/M8x55
1. Dureza a) Cabeza en HB b) Caña en HB	 315 ÷ 340 400 ÷ 430
2.Traccción MPa	1.000 ÷ 1.045
3.Tracción oblicua MPa	950 ÷ 985
4. Tenacidad	Unión cabeza-caña sin fisuras
5 Descarburación	No se observa
6. Carga de prueba Carga/alargamiento máximo	8.230 N/0.005 mm
7. Orientación de fibra	Correcto

***Tabla II**. Características de ensayo obtenidas en tornillos fabricados de acero **DUCTIL 100**.*

Resumiendo: los tornillos fabricados con acero de estructura acicular de martensita dúctil mantendrán una masa matricial de martensita revenida, que es "idéntica" a la obtenida por el método tradicional de la estampación del alambrón con estructura ferrita-perlita seguido del bonificado [temple + revenido alto].

Al estar el alambrón de partida, templado y revenido, el tornillo correspondiente no necesita bonificado posterior, por lo que se evita con ello el eventual enderezado en piezas más o menos esbeltas.

Otra ventaja es el ahorro de tiempo del procesado de los tornillos, permitiendo mayor agilidad de producción. En consecuencia se obtienen: (1) menores costes; (2) plazos de entrega más reducidos; y (3) producto final de idénticas y muy homogéneas características.

Conclusiones

A lo largo de esta exposición se ha podido comprobar que existen alternativas de tipo metalúrgico para reducir los costos de la producción de tornillos de media y alta resistencia. Aquí se han presentado algunas de las que pueden ofrecer los aceristas, sin tener demasiado en cuenta las ventajas adicionales que pueden aportar los fabricantes de tornillos, modificando y simplificando sus procesos productivos.

Es necesario resaltar que estas alternativas presentadas no siempre son aplicables a todas las piezas que se obtienen por deformación plástica en frío y,

por tanto, hay que ser muy cuidadosos en la elección de la mejor alternativa teniendo en cuenta la cantidad y volumen de deformación, coste de las herramientas, posibilidades de las máquinas, características del producto final, posibilidades de modificación del proceso, etc.

En este punto conviene puntualizar que se pueden conseguir avances espectaculares si se trabaja en colaboración con todas las partes implicadas en la cadena productiva: desde el suministrador del acero, al fabricante del tornillo, pasando por el utilizador; para combinar todas las experiencias, conocimientos y necesidades de todas las partes implicadas.

Bibliografía

1. C. Bertrand, P, Mateos –ACENOR I + D–: Alambrón para deformación en frío fabricado por temple directo. Informe CECA, Convección Nº 7210-MA/932. Sin publicar. Año 1991.
2. C. Bernaola, C. Bertrand. M. Martínez Baena. E. Silván: Nuevos aceros para la deformación en frío. Alternativa económica a los clásicos aceros al boro. Revista Deformación Metálica, Nº 247 Julio/Agosto 1999.

Hornos de convección con carro automático para calentamiento de cargas pesadas

Por José Manuel Pelayo

Esta serie de hornos denominada HVC, se ha desarrollado ante la demanda de dos sectores distintos pero con necesidades comunes:

— Alta potencia instalada.

— Movimiento automático del carro.

Aunque las aplicaciones a las que sirven son dispares, como hemos dicho anteriormente, el calentamiento de moldes para fundición de aluminio necesita de alta densidad de potencia, en los espacios en los que se tratan dichos elementos pesados y también se valora positivamente disponer de un carro con movimiento automático, que permita manejar dichas pesadas cargas y las grandes inercias que desarrollan.

Por otra parte, los hornos de secado y polimerizado de bobinados eléctricos, para reparación de grandes motores utilizados habitualmente en la industria eólica o en diversas aplicaciones de la industria general, también requiere grandes potencias instaladas en recintos reducidos, e igualmente son elementos pesados que se manejan con el carro de forma automática.

Presentamos dos casos que ilustran lo anterior:

En primer lugar el horno de calentamiento de moldes para la industria de automoción, denominado HVC-2419 tiene las siguientes características:

Dimensiones de 2,4 x 1,9 x 3 m de cámara útil, o sea más de 13 m^3 de volumen interior. La potencia instalada es de 180 kW. El peso de la carga representativa es de 11 toneladas. Se dota de dos ventiladores centrífugos para la circulación forzada del aire, que circula entre las dobles paredes laterales y la carga se sobreeleva encima de la superficie del carro, gracias a una estructura tubular y un apoyo de tramex, que permite y garantiza buen movimiento del aire por todas las partes alrededor de la pieza a calentar. La temperatura de trabajo es de 350 °C que se alcanza en toda la masa del molde en un período máximo de tres horas.

Foto 1: Vista general del horno HVC-2419. Tiene dos puertas de accionamiento manual con cierres robustos de cremallera.

Foto 2: Vista frontal del horno HVC-2419 con el carro autotraccionado en posición de carga.

Foto3: Vista lateral del horno HVC-2419 y su carro de carga.

El movimiento del carro está guiado por unas ruedas con pestaña sobre raíles y está mandado por un motorreductor que es controlado en sus movimientos de arranque, crucero y parada por un variador de frecuencia. La velocidad de traslación del carro alcanza su valor de crucero en una rampa de arranque de quince segundos. La velocidad de crucero es de 6 metros/min. y la rampa de parada es de 1 segundo. Las posiciones del carro en sus posiciones "dentro" y "fuera" están señaladas por sendos sensores inductivos independientes, que avisan al variador de la posición. Todo ello conduce a un movimiento suave y seguro del carro con carga pesada encima, tanto en las operaciones de carga del horno como en la de descarga, para pasar a la máquina de inyección correspondiente a la temperatura deseada.

El caso del horno HVC-1420, corresponde a un horno para SECADO Y POLIMERIZADO de BOBINADOS ELÉCTRICOS de motores; ya sean rotores o estatores incluso el conjunto.

Las dimensiones son de 1,4 x 2 x 4 m (útiles), o sea 11,2 m^3. La construcción del modelo referido es tipo túnel, con dos puertas que permite la operación de dos carros alternativamente, lo que aumenta considerablemente la producción, al poder procesar una carga mientras que la saliente se atempera y descarga. La carga representativa se compone de tres unidades de peso total 6 toneladas; se colocan verticalmente, por lo que hay que tener cierto esmero en el manejo y conducción de las cargas de forma segura y estable.

En la aplicación que nos ocupa, el horno está dotado de un sistema de renovación del aire exterior, para evacuar los gases generados por la evaporación de las resinas mediante dos pares de chime-

Foto4: Vista general del horno túnel HVC-1420 con una puerta en cada extremo de accionamiento manual con cierre de dos puntos.

Foto 5: Vista del interior del horno HVC-1420.

de la potencia se realiza mediante un controlador de temperatura comandado por una sonda de temperatura de infrarrojos, que mide la temperatura en el núcleo de la pieza; la potencia se transmite mediante un tiristor actuando sobre dos fases y el control se dota de un sistema avanzado, que consiste en controlar también la temperatura del aire de convección, de manera que la diferencia entre la temperatura de la pieza y la del aire no sobrepase un valor prefijado, lo que permite garantizar que no se dañarán elementos plásticos que suelen acompañar a los motores eléctricos.

El tipo de construcción de los dos carros se puede observar en la foto 6, constando de una estructura de vigas, aislamiento recubierto por chapa, tubos que separan el tramex sobre el que se ubicarán las cargas y que permite el paso del aire de convección con circulación por todas partes alrededor de las cargas, obteniendo una muy buena homogeneidad en el calentamiento. Se tracciona sobre un eje unido a dos ruedas mediante motorreductor de piñones y cadenas. El mando al igual que en el caso anterior es mediante variadores de frecuencia, que permiten regular la arrancada, movimiento a velocidad de crucero y parada.

Esta familia de hornos eléctricos de convección con carros automáticos de carga HVC, se ofrecen en temperaturas hasta 600 °C y cargas de 5 toneladas/m^2.

neas de impulsión y de expulsión, dotadas con regulación mediante mariposas y extracción forzada al exterior del recinto de trabajo.

En este caso la temperatura máxima es de 200 °C y el tiempo deseado de llegada a la temperatura de trabajo es de 2 horas para proceder a un mantenimiento de seis horas, lo que permite realizar un ciclo completo en un turno de trabajo.

Para obtener esa producción, el horno se ha dotado con 18 resistencias que entregan una potencia de 90 kW. El control

Foto 6: Un Carro en operación.

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

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

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

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

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

Puede ver el contenido de los libros y el índice en
www.pedeca.es
o solicite más información:
Teléf.: 917 817 776
E-mail: pedeca@pedeca.es

Relaciones microestructura-comportamiento mecánico en un acero microaleado con Nb

Por Isabel Gutiérrez y Amaia Iza-Mendia, CEIT y Tecnun (Universidad de Navarra)

1. INTRODUCCIÓN

El límite elástico, σ_y, en aceros de bajo carbono con estructura ferrito-perlítica, se puede expresar como suma de diferentes contribuciones [19-24]:

$$\sigma_y = \sigma_0 + \sigma_{ss} + \sigma_{iss} + \sigma_{pre} + \sigma_p + \sigma_d \qquad (1)$$

En esta ecuación, σ_0 es la tensión de Peierls-Nabarro, σ_{ss} y σ_{iss} son las tensiones internas debidas respectivamente a los elementos substitucionales en el acero e intersticiales en solución sólida, σ_{pre} es la contribución de los precipitados, σ_p corresponde a las dislocaciones y σ_d es la contribución debida a las fronteras de grano de ferrita.

Algunos autores han propuesto variantes no lineales de la Ecuación (1) en las que, por ejemplo, se utiliza una ley aditiva de tipo pitagórico para englobar la contribución de precipitados y dislocaciones, mientras que solutos y el término Hall-Petch se tratan de forma convencional [25]. Ese término no lineal tiene soporte teórico en las simulaciones realizadas por Foreman and Making [26] siempre que ambas contribuciones sean comparables. Hay otras variantes de ecuaciones no lineales [27], pero no hay unanimidad en el tratamiento ni hay una base experimental suficientemente contrastada para este tipo de formulaciones. Por el contrario, la aproximación lineal tiene un amplio soporte experimental en aceros de bajo carbono y microaleados [28].

La contribución, σ_d, se puede expresar, como una función del tamaño de grano de ferrita, d, mediante una relación de tipo Hall-Petch (H-P) [23]:

$$\Delta\sigma_d \; k_{HP} d^{-0,5} \qquad (2)$$

en la que, k_{HP} adopta valores comprendidos entre 15 y 18 (MPa $mm^{0.5}$), cuando d se expresa como longitud media interceptada (LMI) medida mediante microscopía óptica [23]. La ecuación de Pickering, incorpora un valor de k_{HP} = 17.4 MPa $mm^{0.5}$ [19,29]. Para el endurecimiento producido por fronteras de bajo ángulo (subgranos o celdas) se suele utilizar el modelo de Langford-Cohen (L-C) ($\sigma_d = k_{LC}\, d^{-1}$) [30]. Bainíta y Martensita tienen una elevada densidad de fronteras de bajo ángulo y, dependiendo de los autores, se ha venido utilizado la relación L-C Langford-Cohen o H-P. Naylor sugirió que para tamaños de laja menores de 1µm, se aplica la relación L-C y en caso contrario es válida la ecuación de H-P [31].

También se han propuesto ecuaciones similares a la Ec. (1) para expresar la temperatura de transición dúctil frágil. Por ejemplo la (FATT) que es la temperatura a la que la superficie de una probeta Charpy tiene un 50% de apariencia dúctil, se ha expresado para ferrita-perlita a través de una ecuación que tiene en cuenta una serie de contribuciones [32, 33, 34]:

$$\text{FATT (°C)} = k_o + \Delta T_{solutos} + k_N (N_{free})^{0.5} + kp(\%\text{pearlite})^{1/m} + k_{pp}\Delta_{\sigma p} + k_{gbc} t^{0.5} - k_D D^{-0.5} \qquad (3)$$

En la que k_o, k_N, k_p, k_{pp} and k_{gbc} son constantes, $\Delta T_{solutos}$ considera el efecto de los solutos que ocupan posiciones substitucionales en la red del Fe, $\Delta_{\sigma p}$ tiene

en cuenta el incremento en el límite elástico debido a los precipitados, t es el espesor de los carburos en junta de grano, D es el tamaño efectivo de la unidad microestructural que controla el clivaje. El valor de k_D suele variar dependiendo de los autores 11.5 [35], 12.7 [34] o 13.7 [32] por $(mm)^{-0.5}$.

Ecuaciones del tipo (1) y (3) se pueden integrar, para predecir las propiedades mecánicas de estructuras ferrito-perlíticas, en modelos de conformado en caliente o de tratamiento térmico que relacionen la evolución de la microestructura con las condiciones de proceso. Sin embargo, para microestructuras más complejas, esta formulación tropieza con una serie de dificultades recientemente tratadas por los autores [36,37]. En este trabajo se resumen los resultados más relevantes.

2. EXPERIMENTAL

Se han aplicado tratamientos térmicos y termomecánicos a un acero microaleado con Nb con la composición que se indica en la Tabla 7. Las diferentes secuencias y microestructuras generadas se resumen en la Tabla 8. Se utilizó compresión plana para aplicar las secuencias termomecánicas.

Las condiciones aplicadas en las secuencias termomecánicas se seleccionaron con ayuda de un modelo de evolución microestructural de la austenita durante el conformado en caliente (ej. laminación) de aceros microaleados [38]. Dicho modelo, previamente desarrollado en CEIT, tiene en cuenta los fenómenos de restauración, recristalización, crecimiento de grano y precipitación, así como su

C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	N	Mo	Cu	Cr	Ni
0.15	0.30	1.42	0.012	0.002	0.037	0.033	0.011	0.007	0.003	0.012	0.02	0.03

Tabla 7. Composición química (%).

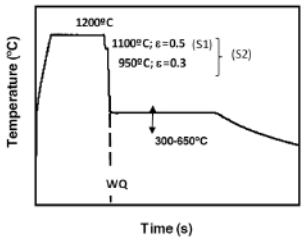
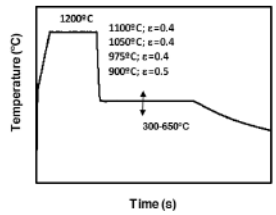
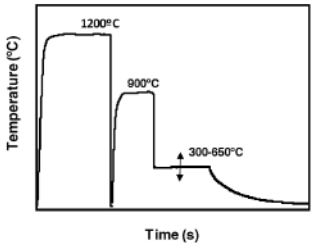
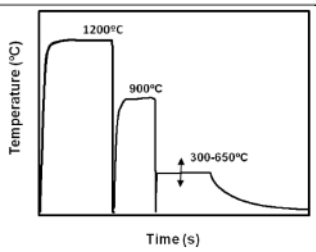
Acondicionamiento de la austenita y estado del Nb antes de la transformación de fase.	Perfil térmico	Temperatura del último tratamiento (ºC) ó temple (WQ)	Identificación	Microstructura final
Una pasada de deformación. - Afino de la austenita. - Nb en solución.		650 300 or WQ	S1-650 S1-300 or S1-Q	F-P B M
Dos pasadas de deformación: - afino en la 1ª pasada - acumulación de deformación en 2º pasada - Nb parcialmente precipitado			S2-650 S2-300 or S2-Q	F-P B M
Cuatro pasadas de deformación: - afino en la 1ª pasada -acumulación de deformación 2ª, 3ª y 4ª pasadas -Nb parcialmente precipitado		650 300	S3-650 S3-300	F-P F-B
Austenización y temple en agua (Nb disuelto) Re-austenización: - precipitación del Nb en el calentamiento - engrosamiento precipitados de Nb en mantenimiento a 900ºC - austenita no deformada de grano fino			S4-650 S4-300	F-P B
Estado de la austenita y del Nb similares a S4.			S5-650 S5-300	Q&T Q&T

Tabla 8. Perfiles térmicos aplicados en los tratamientos termomecánicos y térmicos, identificación de los mismos, microestructura de la austenita antes de la transformación y microestructura final.

interacción. La primera secuencia (S1) se diseñó con el fin de obtener una austenita recristalizada antes de la transformación. En las dos siguientes secuencias (S2 y S3) se insertaron 1 y tres pasadas adicionales de deformación, a temperaturas inferiores a la temperatura de no-recristalización con el fin de acumular deformación en la austenita antes de su transformación y promover así un afino de la microestructura final [39]. Tras la deformación, se aplicó una velocidad de enfriamiento de 5 ó 15 °C/s hasta una temperatura en el rango 300-650 °C a partir de la que se ha simulado la etapa de bobinado. En los tratamientos térmicos se aplicaron dos variantes de un mismo perfil térmico, que se diferencian en la incorporación de un segundo temple en agua tras el mantenimiento a 900 °C (S5). Las secuencias S4 y S5 terminan con un mantenimiento a 300 ó 650 °C seguido de enfriamiento lento hasta temperatura ambiente.

A partir de las muestras tratadas, se mecanizaron probetas de tracción y Charpy. Los ensayos de tracción se realizaron a temperatura ambiente en una máquina Instron universal con una velocidad de deformación de 10^{-3} s^{-1}. La caracterización microestructural se realizó mediante microscopía óptica, electrónica de barrido (FEG-SEM) y técnicas de difracción de electrones retrodispersados (EBSD). El tamaño de grano se determinó como la longitud media interceptada (MLI) en microscopía óptica tras ataque de las muestras con nital 2%. Con la técnica de EBSD se determinó el diámetro equivalente (MED) mediante las siguientes relaciones:

$$D = 2x\sqrt{\frac{A}{\Pi}} \qquad A = n^{o}\,pixels\,(stepsize)^{2}\,x\,\frac{1}{2}\sqrt{3} \qquad (4)$$

Se han aplicado ángulos de corte ( ) (ángulo mínimo utilizado para identificar una frontera en el material) de entre 1 y 30º.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 30 se muestra una selección de las microestructuras generadas con los diferentes tratamientos térmicos y termomecánicos definidos en la Tabla 8.

Como puede verse, las microestructuras producidas son diversas y a la hora de plantearse la aplica-

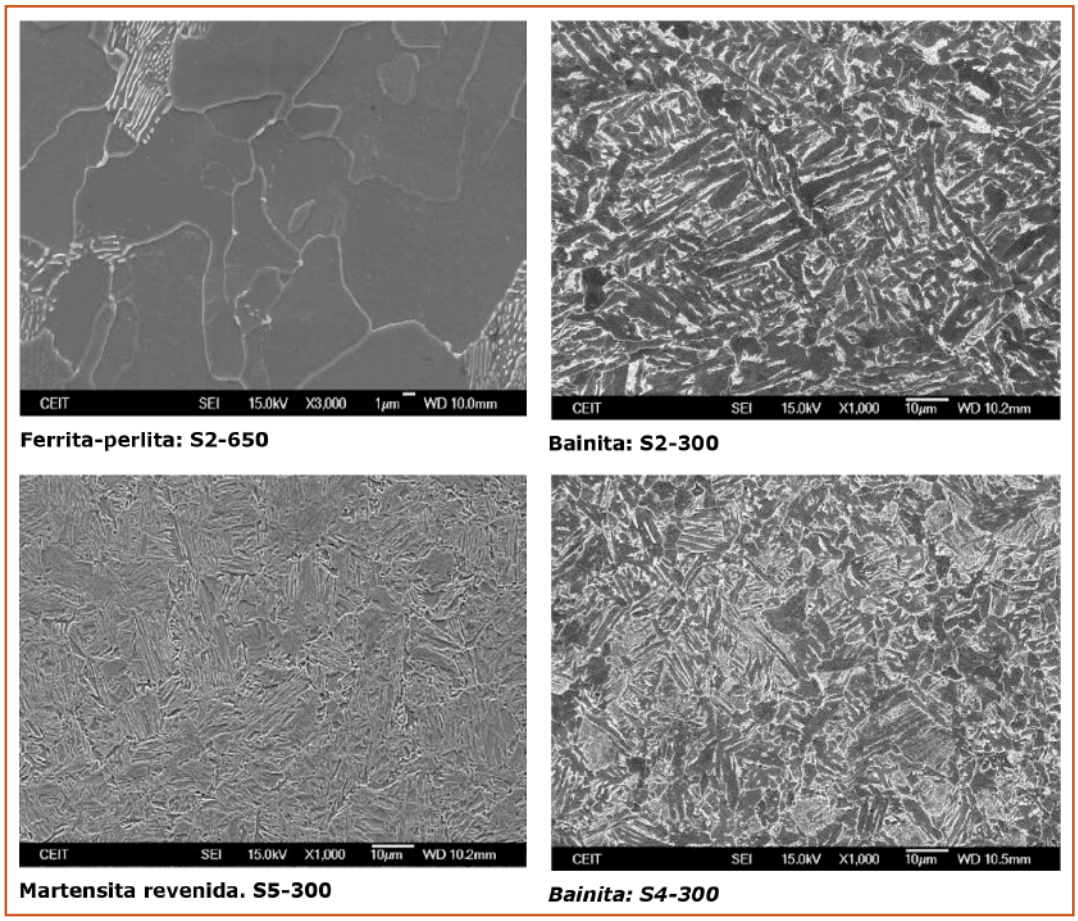


Fig. 30. Imágenes de SEM de una selección de microestructuras.

ción de una ecuación tipo Hall-Petch surge una serie de dificultades [36]:

- Los valores de tamaño de grano utilizados en las ecuaciones disponibles corresponden a resultados de microscopía óptica.
- La cuantificación de microestructuras complejas no es posible mediante esta última técnica.
- El tamaño de grano de una microestructura ferrito-perlítica puede dar diferentes resultados, dependiendo de la técnica utilizada [40].
- No está claro cómo se correlacionan datos de óptico y de EBSD ni cómo deben integrarse estos últimos en las ecuaciones.
- En estructuras complejas surgen problemas intrínsecos de la técnica de EBSD tales como: criterios a la hora de seleccionar los elementos microestructurales a cuantificar, métodos/criterios a aplicar, resolución de la técnica.

En la Fig. 31, se muestra la distribución de fronteras presentes en el material, en función de su ángulo de desorientación. Puede verse que, todas las microestructuras tienen una densidad importante de fronteras de bajo ángulo. En la microestructura ferrito-perlítica, dichas fronteras se crean debido a una selección de variantes que se produce durante la transformación [39]. En una microestructura tipo bainita, las fronteras de bajo ángulo corresponden a las unidades ferríticas dentro de un paquete bainítico y también a la frontera entre determinados paquetes [41], mientras que la distribución de desorientaciones para altos ángulos depende del tipo de producto de la transformación [42]. En martensita, la intensidad del pico situado próximo a los 60º aumenta en comparación con la del situado alrededor de los 52º.

En la Fig. 32, se muestra la variación del tamaño de grano con el ángulo de corte en las diferente microestructuras. Para ferrita-perlita en este acero, se puede establecer una relación entre los tamaños medidos para dos ángulos de corte Φ_1 y Φ_2 [36]:

$$\frac{MED_{\Phi_1}}{MED_{\Phi 2}} = \left(\frac{\Phi_1}{\Phi_2}\right)^{0.1} \qquad (5)$$

Por otro lado, se ha definido la siguiente relación entre la longitud media interceptada (normalmente utilizada para cuantificar d en aceros [19-24]) y el diámetro medio equivalente facilitado por EBSD [36]:

$$MLI_{óptico} = MED_{2º} \qquad (6)$$

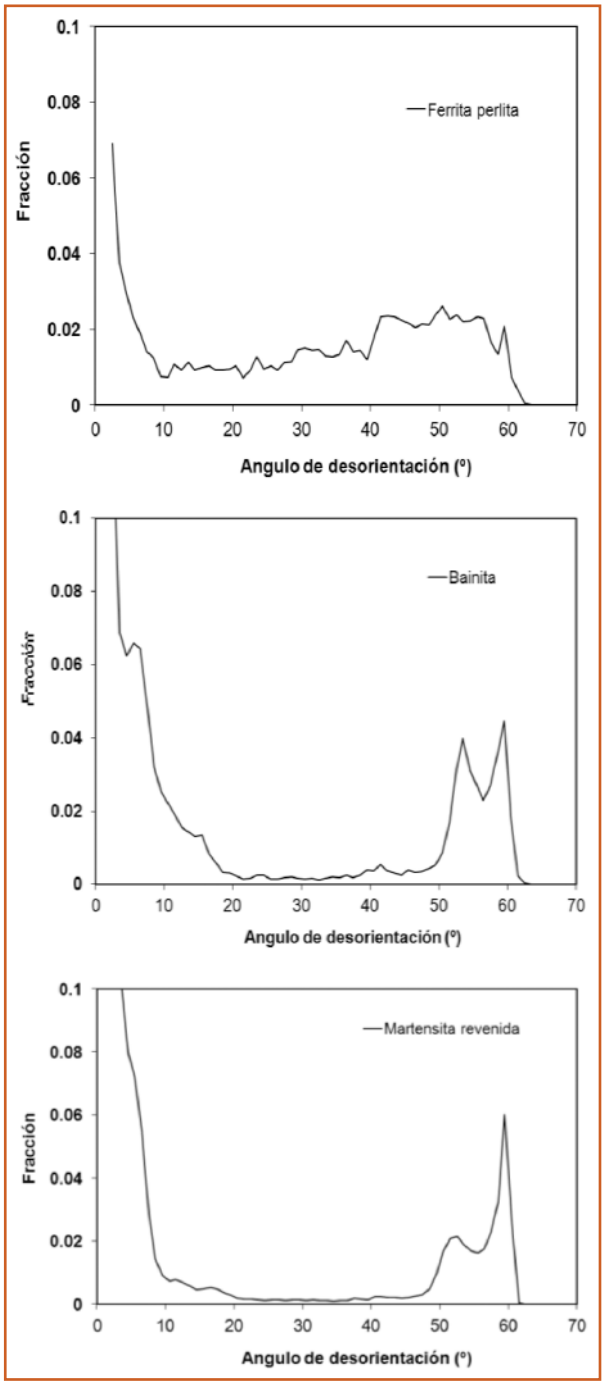


Fig. 31. Distribución de fronteras, en función del ángulo de desorientación de las mismas. Comparación de estas distribuciones para diferentes microestructuras.

3.1 Tracción

La ecuación de Hall-Petch, Ec.(2), se derivó inicialmente para fronteras de alto ángulo y progresivamente se aplicó a fronteras de subgrano [43] y de celdas [44], dado que cualquier tipo de frontera interacciona con las dislocaciones móviles y genera

endurecimiento. Por ello, al aplicar EBSD hay que contabilizar todas las fronteras. Sin embargo, la cuantificación de un tamaño microestructural, d, utilizando un ángulo de corte, Φ, inferior a los 2º se ve sometida a un grado elevado de incertidumbre. Por esta razón, se ha aplicado como criterio Φ = 2º, asumiendo que el posible endurecimiento debido a desorientaciones muy bajas (<2º) contribuirá al término σ_1 en la Ec. (1).

El valor del coeficiente de la Ec. (2) es constante para desorientaciones grandes y depende de la desorientación para ángulos pequeños [45]:

$$k_{HP}(\theta) = k\,\alpha M \mu \sqrt{b\theta} \qquad (7)$$

en la que k ≅1, αM es el factor que aparece en la ecuación de Taylor y μ es el módulo de cortadura. La separación entre fronteras de alta y baja desorientación se suele situar entre los 10 y los 15º. Para el caso de la ferrita, tomando θ = 15º, α = 0.3, M = 3, μ = 8 10^4 MPa and b = 2.5 10^{-7} mm y sustituyendo, se obtiene un valor de $\left(\frac{k_{HP}}{k}\right)_{\theta=15^\circ}$ = 18.5 MPa $mm^{0.5}$ que es consistente con el valor propuesto por Pickering para tamaños de grano de ferrita medidos por microscopía óptica, si se toma un valor de k = 0.95.

Eliminando la contribución a Hall-Petch de ángulos de desorientación muy pequeños (<2º), se puede dividir la distribución de la Fig. 31 en dos intervalos 2º ≤ θ < 15º y θ ≥ 15º para fronteras con desorientación baja y alta respectivamente. En base a esto último y a la Ec. (7), se ha propuesto la siguiente ecuación de Hall-Petch modificada [36]:

$$\Delta\sigma_d = 1.05\alpha M \mu \sqrt{b}\left[\sum_{2\le\theta_i<15^\circ} f_i\sqrt{\theta_i} + \sqrt{\frac{\pi}{10}}\sum_{\theta_i\ge15^\circ} f_i\right](MED_{2^\circ})^{-0.5} \qquad (8)$$

en la que f_i y θ_i son respectivamente la frecuencia relativa y la desorientación media (rad) en cada intervalo i en el que se divide la distribución de la Fig. 31. Los valores obtenidos se muestran en la Fig. 33. Los mayores valores se obtienen para las microestructuras ferrito-perlíticas y los menores para la bainita obtenida tras un tratamiento termomecánico.

Teniendo en cuenta los coeficientes utilizados en otros trabajos [19,29,46], la Ec. (1) se puede transformar en la siguiente relación:

$$\sigma_y = 54 + 32Mn + 678P + 83Si + 39Cu - 31Cr + 11Mo + \Delta\sigma_y + \Delta\sigma_d \qquad (9)$$

en la que las concentraciones de los diferentes elementos se dan en % en peso, $\Delta\sigma_d$ se expresa mediante la Ec. (8) y $\Delta\sigma_y$ engloba la contribución al límite elástico de otros factores (C y N en solución

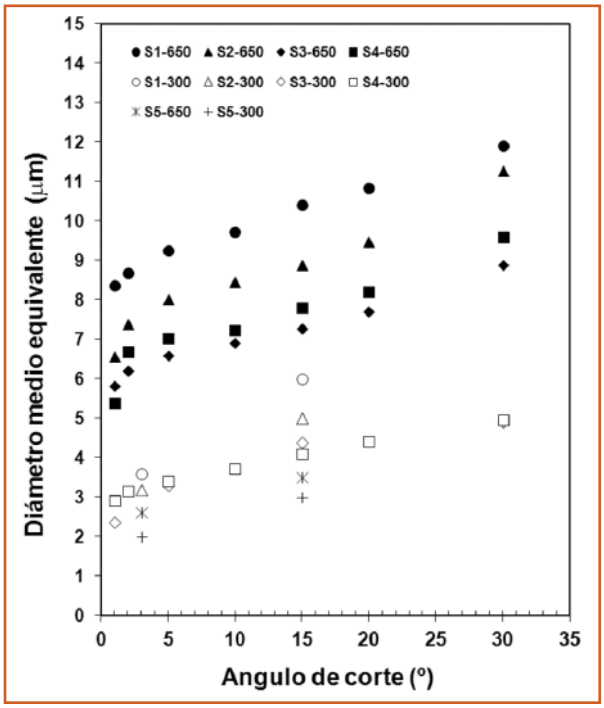


Fig. 32. Diámetro medio equivalente, en función del ángulo de corte utilizado para hacer la cuantificación mediante EBSD.

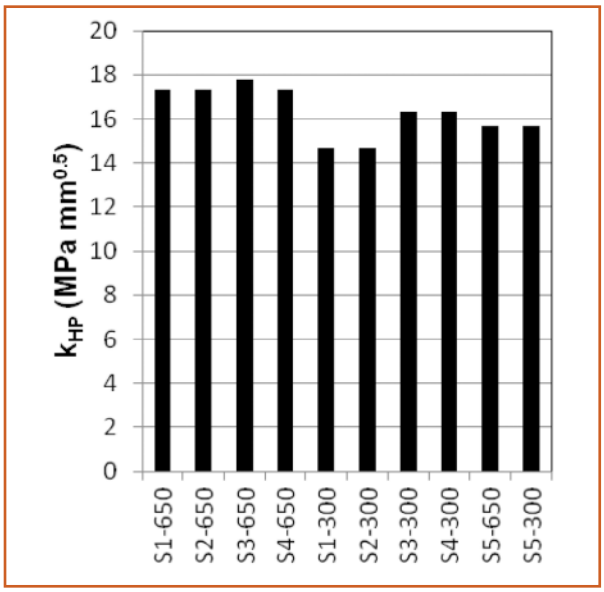


Fig. 33. Valor del coeficiente de Hall-Petch estimado a partir de la Ec. (8) y de los datos de EBSD Fig. 31.

sólida, endurecimiento por precipitación y/o por dislocaciones). El resultado se muestra en la Fig. 34 en la que otros corresponde a $\Delta\sigma_y$ y que se ha estimado restando las otras contribuciones del valor experimental de límite elástico [36]. La contribución en $\Delta\sigma_y$ y del endurecimiento por precipitación

de carburos de Nb en ferrita se puede estimar teniendo en cuenta la siguiente relación [36]:

$$\Delta\sigma_{yNb}\ (\text{MPa}) = 40 + 2200\ Nb_{free} \qquad (10)$$

En la que Nb_{free} es la concentración en % en peso de Nb libre en austenita tras el conformado en caliente. Mediante la aplicación del modelo [38] se ha estimado $Nb_{free} \cong 0.025\%$ y 0.018% para S1 y S2 respectivamente. Esto da contribuciones de 95 y 80 MPa respectivamente que están muy próximos a los valores de $\Delta\sigma_y$ y en la Fig. 34 (100 y 98 MPa respectivamente). Esta contribución se reduce para el tratamiento térmico S4 ($\Delta\sigma_y \cong 20$ MPa) puesto que el Nb_{free} tras la primera austenización precipita en martensita durante el calentamiento. Estos precipitados, inicialmente finos engruesan durante el mantenimiento a 900 °C, perdiendo su capacidad de endurecimiento.

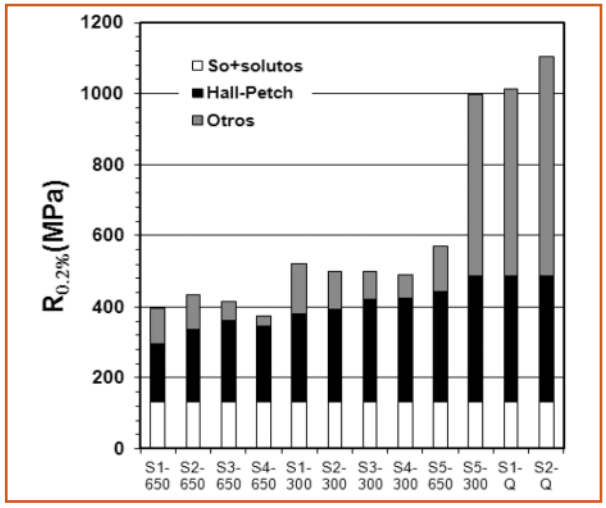


Fig. 34. Desglose de las diferentes contribuciones (Ec. (9)) al límite elástico obtenido experimentalmente.

La transformación de tipo bainítica o martensítica genera una elevada densidad de dislocaciones, ρ, cuya contribución al límite elástico se puede estimar aplicando la ecuación de Taylor [47]:

$$\sigma_\rho = \alpha M \mu b \sqrt{\rho} \qquad (11)$$

Se ha propuesto la siguiente ecuación [47]:

$$\log \rho = 9.28480 + \frac{6880}{T} - \frac{1780360}{T^2} \qquad (12)$$

(ρ en m^{-2} y T en K)

para expresar la densidad de dislocaciones en función de la temperatura de transformación martensítica ($T = M_s$). Esta misma relación se suele aplicar también para bainita. Por consiguiente, sería suficiente con utilizar estas dos ecuaciones para estimar la contribución de las dislocaciones al límite elástico en estas microestructuras. Sin embargo, hay discrepancias en cuanto al valor αM. Así por ejemplo, en la Ref. [47] se propone un valor αMμb ≅ 7.34 10^{-6} MPa m, que se obtiene para αM=0.38. En la Ref. [48], para martensitas revenidas, se obtiene una densidad de dislocaciones que es aproximadamente el 50% de la que se puede calcular a partir de la Ec. (12). Sin embargo, la aplicación de un valor αM ≅ 0.80 hace que la tensión asociada a las dislocaciones sea aproximadamente igual en ambos trabajos, Fig. 35.

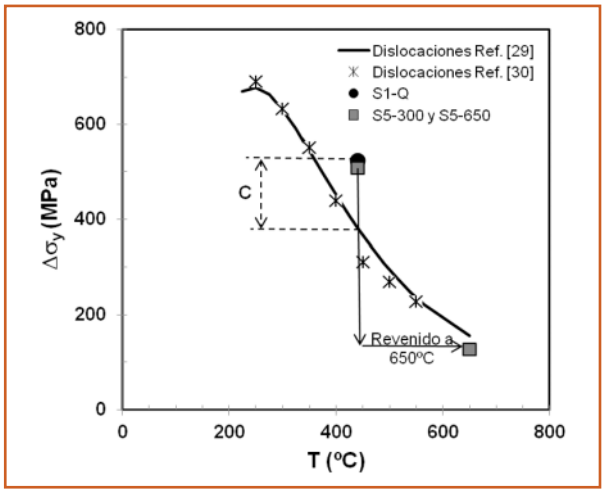


Fig. 35. Comparación entre el valor de $\Delta\sigma_y$ experimental y la contribución de las dislocaciones estimada a partir de datos de la bibliografía.

Se ha determinado mediante dilatometría una temperatura M_s de unos 440 °C para el presente acero [49]. Utilizando este dato, en la Fig. 35 se ha representado el valor de la contribución $\Delta\sigma_y$ (identificada como "otros" en la Fig. 34) correspondiente a la microestructura martensítica obtenida en el temple (S1-Q). Puede observarse que resulta un valor de $\Delta\sigma_y$ unos 145 MPa mayor que el esperable debido a las dislocaciones producidas en la transformación [47, 48]. El otro factor, además de las dislocaciones, que también contribuye a $\Delta\sigma_y$ en una martensita es el carbono en solución. De acuerdo a lo propuesto en la Ref. [50], el efecto de este elemento es indisociable del de las dislocaciones, aunque Bhadeshia [47] añade un término adicional que depende del C. En el presente acero, se podría suponer una contribución extra (además de afectar indirectamente a la densidad de dislocaciones) de unos 145 MPa; lo que, teniendo en cuenta el contenido en C del acero, supone 965MPa por %C.

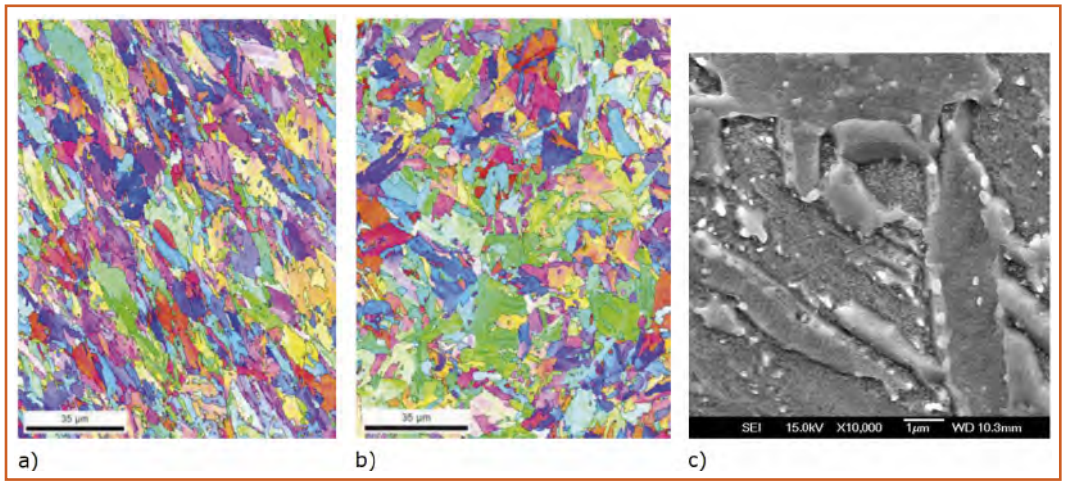


Fig. 36. Imagen de EBSD a) S5-300 °C y b) S5-650 °C e imagen de FEG-SEM de lo carburos producidos durante el revenido en S5-650.

En la Fig. 35, se ha representado también el dato correspondiente a la martensita revenida a 300 °C (S5-300), en función de la temperatura M_s. El punto correspondiente se superpone con el de la martensita tras el temple, indicando que ese revenido de baja temperatura no tiene un efecto significativo sobre el acero. Sin embargo, si se aplica un revenido a 650 °C, la microestructura de lajas se mantiene, como puede verse en la Fig. 36-a y b, pero se han formando carburos asociados a fronteras de laja, Fig. 36-c y posiblemente se haya reducido la densidad de dislocaciones por restauración. Estos dos fenómenos producen un claro ablandamiento del material. Como puede verse en la Fig. 35, el valor de $\Delta\sigma_y$ se corresponde ahora con el esperable para una temperatura de 650 °C, en lugar de la de transformación (~440 °C).

En este trabajo, la transformación bainítica se ha producido anisotérmicamente durante el enfriamiento. Los ensayos de dilatometría [49] indican que dicha transformación es del 50% para una temperatura de unos 550 °C y se completa antes de alcanzarse los 300 °C. Al no ser isotérmica la transformación, se hace difícil aplicar la formulación anterior. Sin embargo, debe mencionarse que cuando las Ec. (11) y (12) se aplican a bainita, suelen con frecuencia sobreestimar del valor de $\Delta\sigma_y$ [51]. Algo que parece cumplirse también con los presentes resultados. Los valores de $\Delta\sigma_y$ obtenidos son del orden del correspondiente a la martensita revenida a 650 °C (S5-650) o incluso menores.

No es de esperar que el mantenimiento a 300 °C (S1-300 y S2-300) suponga un cambio significativo del valor de $\Delta\sigma_y$ (al igual que no lo produce el revenido de la martensita a esa temperatura). Tampoco es de esperar un endurecimiento debido al C en solución sólida, como ocurre en la martensita. Durante la transformación a bainita este elemento segrega hacia la austenita, dando lugar a la formación de carburos. En el presente caso, se ha formado aproximadamente un 18% de perlita, Fig. 37. La perlita es en general algo más blanda que la bainita, lo que tendería a producir un $\Delta\sigma_y$ ligeramente inferior al correspondiente a una microestructura 100% bainítica. Sin embargo, esto por sí sólo no bastaría para explicar los valores de $\Delta\sigma_y$ correspondientes a las microestructuras bainíticas.

3.2 Tenacidad

La unidad microestuctural que controla la propagación de una grieta (faceta) en ferrita se suele asimilar al tamaño de grano. Sin embargo, existe el consenso de que las facetas se originan a partir de

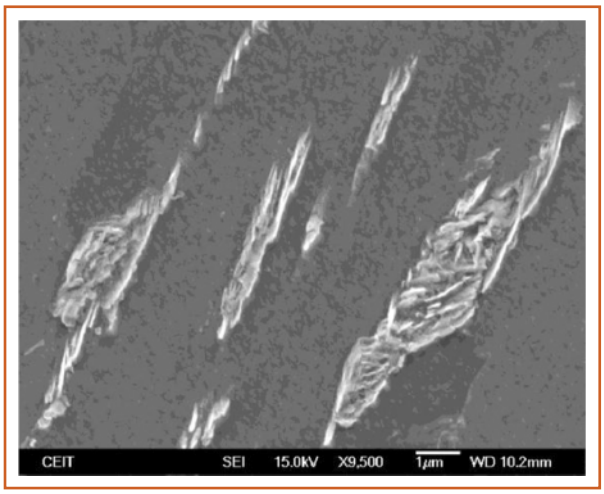


Fig. 37. Imagen de FEG-SEM que muestra la perlita formada entre las lajas bainíticas en la muestra S1-300.

fronteras de alto ángulo. La técnica de EBSD permite discriminar las fronteras por orientación y por lo tanto establecer diferentes criterios en la cuantificación, dependiendo de la ecuación a aplicar Ec. (1) o Ec. (3) [40]. En la Fig. 38 se observa el perfil de fractura en bainíta que permite deducir las siguientes características:

- El cambio de faceta se produce para ≥15º, lo que está de acuerdo con resultados previos [52].
- Algunos cambios de faceta tienen lugar entre planos de clivaje de una misma unidad (paquete bainítico) (ver flecha), si en una unidad vecina hay un plano de clivaje próximo en orientación.

La Ec. (3) se ha transformado con el fin de admitir datos de EBSD y resultados previos obtenidos de la Ec. (9), dando lugar a la siguiente expresión [37]:

$$FATT(^{o}C) = -11Mn + 42Si + 700(N_{free})^{0.5} + 15(\%pearlite)^{1/3} + 112\, t^{0.5} + 0.5\Delta\sigma_y - 14(MED_{15^o})^{-0.5} \quad (13)$$

Esta temperatura se puede determinar para cada microestructura, sustituyendo el diámetro medio equivalente (para θ = 15º), Fig. 32, el nitrógeno libre estimado mediante el modelo [38], el contenido de perlita medido experimentalmente y que en este acero no sobrepasa el 25% y el valor de $\Delta\sigma_y$ calculado previamente, Fig. 34 (otros). Además se precisa conocer la anchura, t, de los carburos en juntas de grano que se ha medido y oscila entre 0.08 y 0.28 µm [37]. Esto daría lugar a una contribución (112 $t^{0.5}$) comprendida entre 29 y 58 °C y que se ha tomado constante e igual a un valor de 38 °C. Se ha omitido el efecto del P porque aunque afecta negativamente a la tenacidad, la concentración de este elemento en el acero es suficientemente baja (Tabla 7) y su efecto se puede considerar despreciable. En la Fig. 39, se muestra la contribución de los términos de la Ec. (13) para las diferentes microestructuras de la Tabla 8 y en la Fig. 40 se compara la temperatura de transición determinada experimentalmente [37] y los valores obtenidos con la formulación propuesta. Debe mencionarse que se han tratado conjuntamente y con el mismo tipo de formulación, los datos procedentes de todas las microestructuras generadas en este trabajo y que, como se ha visto, son muy diferentes.

Con el fin de evaluar la ecuación propuesta en un

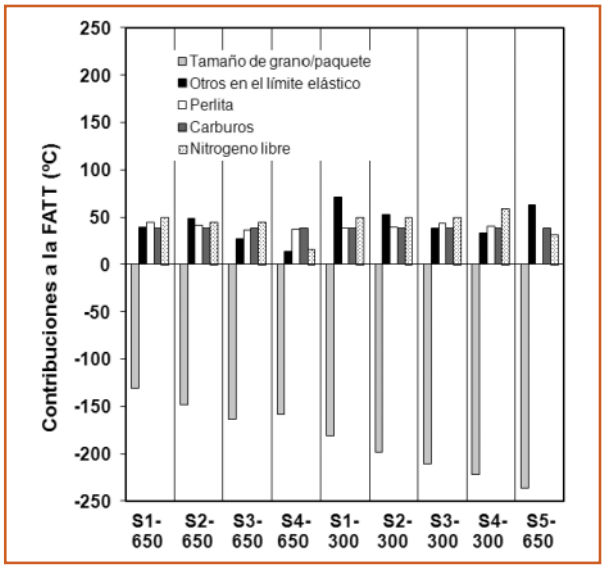


Fig. 39. Desglose de las diferentes contribuciones a la temperatura de transición FATT.

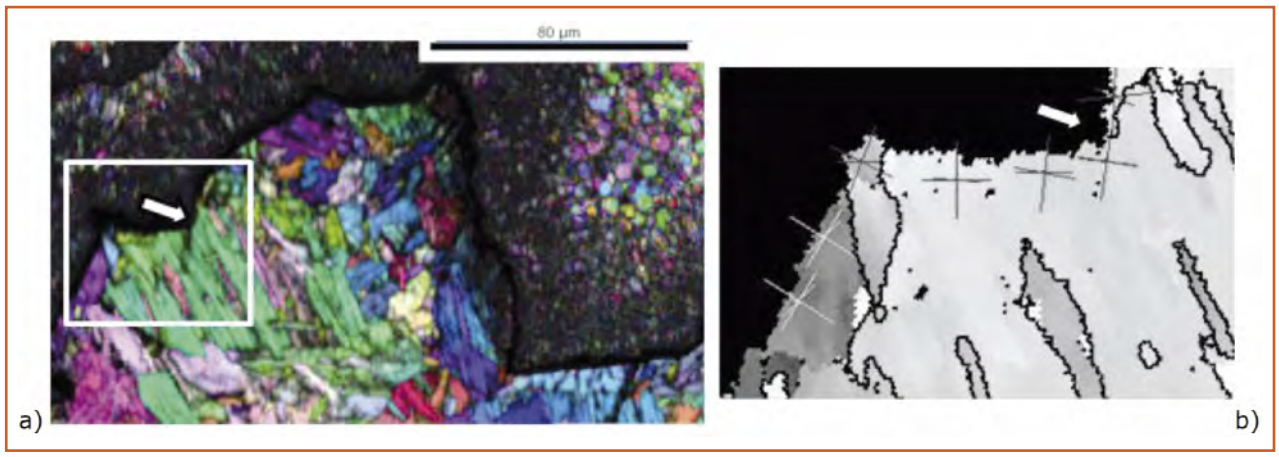


Fig. 38. Mapas de orientación, obtenidos mediante EBSD en una sección transversal a la superficie de fractura, sobre los que se ha superpuesto: a) el mapa de calidad de imagen y b) las fronteras de grano con θ ≥ 15º; detalle del recuadro en blanco. Las cruces en (b) indican las trazas de los planos de clivaje ({001}) en cada región. S1-300.

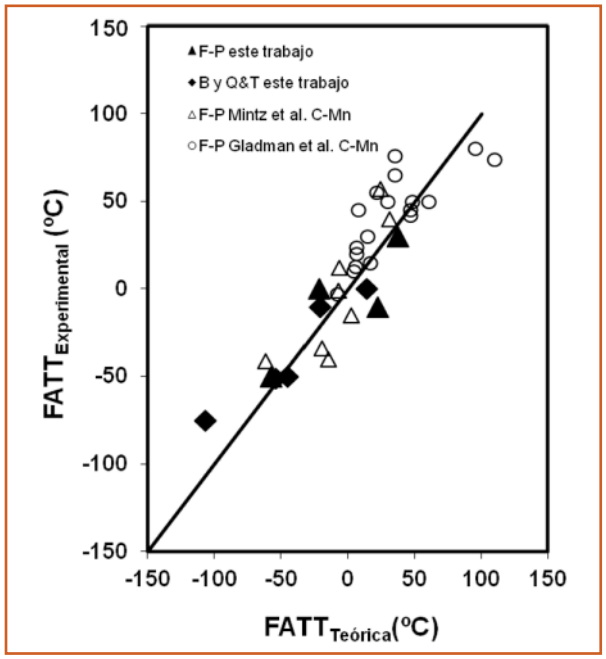


Fig. 40. Comparación entre la temperatura de transición experimental y la teórica, calculada mediante la Ec. (13).

marco más amplio de aceros, se han re-calculado los datos disponibles de otros trabajos y correspondientes a microestructuras ferrito-perlíticas [34,53]. Como estos datos corresponden a tamaños de grano medidos mediante microscopía óptica (MLI), el valor del coeficiente de Hall-Petch y el correspondiente al tamaño de grano en la Ec. (14) se han mantenido iguales a los propuestos previamente [19,29,34] (k_d = 17.4MPamm$^{0.5}$ and k_D = 12.7 ºC mm$^{0.5}$). En la Fig. 40, puede verse que la Ec. (13) da un buen ajuste si se utiliza el parámetro microestructural adecuado y el valor de las constantes de proporcionalidad, que se corresponde con el método utilizado en la cuantificación.

4. CONCLUSIONES

— El tamaño de grano determinado mediante EBSD depende del ángulo de corte aplicado para la identificación de las fronteras. En el acero utilizado en este trabajo se ha establecido una relación entre el tamaño de grano medido mediante microscopía óptica y EBSD.

— Los datos de EBSD permiten estimar un coeficiente de Hall-Petch dependiente de la distribución de desorientaciones de las fronteras presentes en el acero. Esto permite tratar de forma similar microestructuras ferríticas, bainíticas y martensíticas. El coeficiente de Hall-Petch, así definido, coincide con el propuesto previamente por Pickering para ferrita, mientras que la bainita da un valor menor.

— Se ha obtenido la contribución al límite elástico de otros factores, además del efecto del tamaño y de los elementos en solución sólida: precipitación de Nb para estructuras ferrito-perlíticas, efecto de dislocaciones en bainita y dislocaciones y C en solución en martensita, tras el temple o revenido a baja temperatura.

— Se ha generalizado la ecuación normalmente utilizada para expresar la temperatura de transición de microestructuras ferrito-perlíticas, utilizando como punto de partida los desarrollos hechos en el cálculo del límite elástico.

5. AGRADECIMIENTOS

Parte de este trabajo se ha desarrollado en el marco de un proyecto financiado por la Comisión Europea RFSR-CT-2005-00029 y el Ministerio de Educación y Ciencia MAT2005-23928-E. Las autoras quieren también agradecer la colaboración en la parte experimental de E. Alonso, S. Martin, A. Altuna y D. Jorge Badiola.

Bibliografía

[19] F.B. Pickering Physical Metallurgy and the Design of Steels, Applied Science Publishers Ltd., London, 1978, p10.
[20] M.F. Sabih, Acta Metallurgica 14, 81966) 679.
[21] E.O. Hall, Proceedings of the Physical Society 64B (1951) 747.
[22] N.J. Petch, Journal of Iron and Steel Institute 173 (1953) 25.
[23] T. Gladman. The Physical Metallurgy of Microalloyed Steels, The institute of Materials, London, 1997, p 19.
[24] T. Gladman, I.D. McIvor, F.B. Pickering, Journal of the Iron and Steel Institute 210(1972) 916.
[25] M. Charleux, W.J. Poole, M. Militzer, A. Descamps, Metallurgical and Materials Transactions A, 32A (2001) 1635-1647.
[26] A.J.E. Foreman, M.J. Makin, Canadian Journal of Physics, 45 (1967) 511-517.
[27] O. Bouaziz, G. Herman, M. Piette, T. Iung, Ch. Perdrix, Proc: Thermomechanical Processing of Steels, IOM Communications, London UK, 2000, 342-351.
[28] A.J. DeArdo, International Materials Reviews, 6 (2003) 371-402.
[29] F.B. Pickering, T. Gladman. Metallurgical Developments in Carbon Steels, Iron and Steel Institute, London, 1963; Special Report No. 81.
[30] G. Langford, M. Cohen, Trans ASM, 62 (1969) 623.
[31] J. P. Naylor, Metall. Trans. A, 10 (1979) 861.
[32] K.J. Irvine, F.B. Pickering, T.Gladman, J. Iron Steel Inst., 205 (1967) 161.
[33] B. Mintz, G. Peterson, A. Nassar, Ironmaking and Steelmaking, 21(1994) 215-222.
[34] B. Mintz, W.B. Morrison, A. Jones, Metals Technology, 6 (1979) 252-260.

[35] F.B. Pickering, Physical Metallurgy and the Design of Steels, London, Applied Science, 1978.
[36] A. Iza-Mendia, I. Gutiérrez, Materials Science & Engineering A 561 (2013) 40–51.
[37] I. Gutiérrez, Materials Science & Engineering A 571 (2013) 57–67.
[38] B. López in: C. Scott, A. Rose, B. Soenen, B. Lopez, G. Paul: Technical Steel Research, EUR 22431, ISBN 92-79-03740-4, 2006.
[39] R. Bengoechea, B. López, I. Gutierrez, Metallurgical and Materials Transactions A, 29A (1998) 417-426.
[40] D. Bhattacharjee, J.F. Knott, C.L. Davis, Metallurgical and Materials Transactions, Vol. 35A, (2004) 121-130.
[41] M. Díaz-Fuentes, A. Iza-Mendia, I. Gutiérrez, Metall. Mat. Trans. A, Vol. 34A, (2003) 2505-2516.
[42] S. Zajac, V. Achwinn, K.H. Tacke, Materials Science Forum, vols. 500-501 (2005) 387-394.
[43] D.J. Abson and J.J. Jonas, Metal Science Journal, 4 (1970) 24-28.
[44] D. Kuhlmann-Wilsdorf, Mater. Sci. Eng. A113 (1989) 1.
[45] N. Hansen, X. Huang, G. Winther, Materials Science and Engineering A, 494 (2008) 61-67.
[46] I. Gutierrez, A. Altuna, Acta Materialia, 56 (2008) 4682-4690.
[47] H.K.D.H. Bhadeshia, Bainite in Steels, second Ed. IOM Communications Ltd, London, 2001.
[48] L. Malik, J.A. Lund, A Study of Strengthening Mechanisms in Tempered Martensite From a Medium Carbon Steel, Metallurgical Transactions, 3 (1972) 1403-1406.
[49] J.L. Lanzagorta, PhD Thesis, Tecnun (University of Navarra), San Sebastian, November 2011.
[50] L. A. Norström, Scandinavian Journal of Metallurgy, 5 (1976) 159-165.
[51] S. Zajac, J. Komenda, P. Morris, P. Dierickx, S. Matera, F. Peñalba-Diaz, Technical Steel Research, EUR21245EN, 2005.
[52] M. Díaz-Fuentes, A. Iza-Mendia, I. Gutiérrez, Metallurgical and Materials Transactions A, 34A, (2003) 2505- 2516.
[53] T. Gladman, B. Holmes, D. McIvor, "Effect of second phase particles on the mechanical properties of steel", The Iron and Steel Institute, London (1971) 68-78.

Monitorización de temperaturas de “troncos” de aluminio en hornos de viga galopante

Por Ernesto Guerra - EUCON, distribuidor de PHOENIXTM

Introducción

El uso de sistemas de obtención de perfiles de temperatura que emplean “cajas calientes” para monitorizar temperaturas en hornos, ha llegado a ser aceptado en muchas industrias relacionadas con los tratamientos térmicos. Hace 20 años, el concepto de colocar un registrador electrónico en un horno con los productos era visto como algo muy innovador, pero actualmente en aplicaciones como el “brazing” de aluminio, las calibraciones de hornos e incluso el calentamiento de acero para laminación es un método habitual. En la mayoría de aplicaciones los hornos pueden “acomodar” fácilmente el sistema de medida con el producto, pero en algunas se requiere bastante ingenio para permitir que el sistema de medida viaje por el horno. La homogeneización de “troncos” de aluminio en un horno de viga galopante es una de ellas.

El proceso de tratamiento térmico

Tras la colada, los troncos de aluminio siguen un proceso de tratamiento térmico de homogeneización, para asegurar la distribución uniforme de los elementos aleantes dentro de su estructura (Figura 1). Esto implica calentar los troncos a velocidad controlada, permanecer a temperatura durante un tiempo especificado y enfriamiento a velocidad controlada.

Medida de la temperatura del tronco

Cuando se ajustan los parámetros del horno para nuevas cargas de producción, monitorizar la temperatura real de las piezas a lo largo del horno es vital para optimizar el funcionamiento del horno, maximizando el rendimiento a la vez que asegurando la correcta estructura metalúrgica del producto.

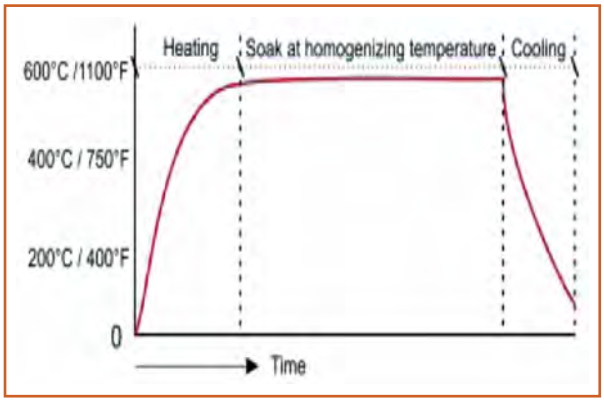


Fig. 1. Heat treatment stages of the homogenization process.

La medida de la temperatura del producto no es un problema cuando el horno es intermitente, ya que se pueden insertar termopares a las profundidades requeridas en una pieza de ensayo en cualquier parte de la carga y llevarlos a través de la puerta u otra apertura hasta un registrador externo al horno. Como las piezas no se mueven durante el proceso, los datos de temperatura se pueden recoger sin mucho problema.

Sin embargo, cuando la homogeneización se realiza en un proceso continuo, como un horno de viga galopante, monitorizar la temperatura de los productos con un registrador externo al horno no es

posible, debido a que las piezas generalmente se mueven en varias direcciones cuando entran al horno, avanzan por él y salen. También los troncos pueden girar lentamente por la acción de las vigas galopantes. Estos factores hacen que la monitorización externa con termopares largos sea impracticable en condiciones normales de producción.

Fig. 2. Rotating "Hot Box" system for aluminium logs.

La solución es usar un sistema de monitorización de temperaturas de "caja caliente", que usa una Barrera térmica unida a la pieza que protege el registrador, mientras recoge los datos de temperatura de los termopares colocados en la pieza de test (figura 2). De esta forma se puede monitorizar con precisión el perfil de temperatura del producto, ya que el sistema de medida viaja por el proceso durante un ciclo normal de producción.

Tras la salida del horno del sistema, los datos se descargan del registrador y se analizan mediante un potente y sencillo software de análisis. También se puede optar por recibir los datos en el ordenador en tiempo real mediante telemetría.

Desafíos de diseño

Diseñar un sistema de "caja caliente" para trabajar unido a un tronco de aluminio en un horno de viga galopante, no está exento de dificultades. No obstante:

- Generalmente existen restricciones de tamaño a la entrada y salida del horno, así que la Barrera térmica del sistema se debe diseñar del mismo diámetro o preferiblemente inferior al de las piezas, o eso podría impedir su viaje a través del horno (Figura 3).
- El tiempo total de proceso puede estar alrededor de las 10 horas o más a temperaturas cercanas a los 600 °C y diseñar un sistema para resistir estas condiciones mientras se mantiene la restricción del diámetro de las piezas puede ser difícil. Con un diseño "normal" de la Barrera térmica para aislar el registrador podría no ser capaz de soportar el calor del horno durante un periodo de tiempo tan largo.
- La interfaz entre la pieza y la Barrera térmica debe estar bien diseñada para asegurar que el sistema y la pieza permanecen unidos durante todo el paso por el horno.
- Las piezas de aluminio pueden ser de hasta 8 metros de largo y el recorrido de los termopares desde la punta de la pieza hasta el registrador, debe mantenerse dentro de los límites de la pieza para asegurar que no se enganchen durante el proceso.

Soluciones de diseño

Los sistemas de "caja caliente" normalmente trabajan usando un aislamiento de dos etapas, que incluye una capa de aislamiento altamente eficiente que rodea a un "acumulador de calor" por cambio de fase para proteger el registrador. El medio de cambio de fase es generalmente una sal eutéctica que absorbe calor durante el periodo de cambio de fase, cambiando de estado sólido a líquido.

Sin embargo, donde el tamaño de la barrera térmica está restringido y los procesos son de larga duración o alta temperatura, entonces se usa agua en ebullición como medio de cambio de fase, cambiando de líquido a gas (vapor) y mientras se evapora prolonga el periodo que la barrera puede permanecer en el horno.

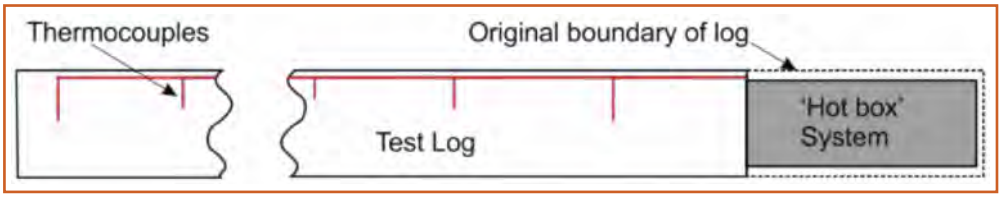


Fig. 3. The monitoring system and thermocouples must not exceed the boundaries of the product.

Diseñar la Barrera con suficiente capacidad térmica para pasar la pieza de test por el horno antes de que el agua se haya evaporado completamente, es la clave para monitorizar con éxito este proceso.

Así, la cantidad de agua dentro de la Barrera debe ser maximizada. El diseño de la barrera debe también permitir que el vapor se libere (la presión) y la menor pérdida de agua, mientras que la barrera gira en el horno (Figura 4).

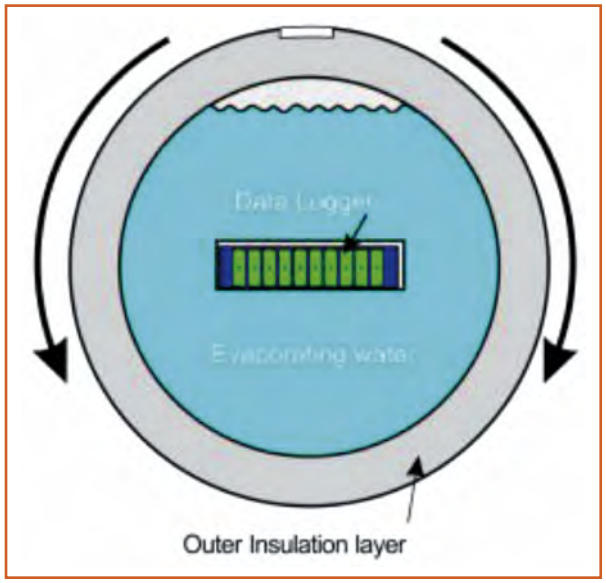


Fig. 4. When fixed to the test log, the thermal barrier and data logger must rotate with the product.

Para este tipo de sistema se necesita también que el registrador sea capaz de trabajar a 100 °C de temperatura ambiente, ya que está rodeado de agua en ebullición. Esto requiere una cuidadosa elección de los componentes electrónicos y el diseño de los circuitos.

La buena comunicación con el cliente en la fase de diseño es esencial, ya que antes de la puesta en marcha del equipo se debe mecanizar una pieza de test para alojar el equipo y los termopares, manteniéndose todo dentro de los límites espaciales de las piezas.

Habiendo establecido el rango de diámetros de las piezas y los parámetros de proceso, el tamaño del equipo (longitud y diámetro) se puede calcular y se puede cortar un trozo de un tronco de igual longitud al equipo y desecharla.

Después se mecaniza el final del tronco para alojar la parte de soporte de la Barrera térmica y asegurarla firmemente (Figura 5).

Fig. 5. The test log and system after exit from the furnace.

Se mecaniza una ranura longitudinalmente a lo largo de la pieza para guiar los termopares, hasta agujeros taladrados en ángulos apropiados hasta la profundidad de medida correcta. Esto asegura que tanto la barrera térmica como los termopares no se salen de los límites del producto.

Cuando esto está hecho se colocan los termopares, se resetea el registrador y se coloca en la Barrera térmica fijada a la pieza de test y la prueba está lista para comenzar.

Conclusión

Medir las temperaturas en el núcleo de piezas mientras éstas rotan en un horno puede presentar grandes retos, pero con un cuidadoso diseño del sistema de monitorización se pueden conseguir y obtener valiosos datos de temperatura.

En una reciente puesta en marcha de un sistema de “caja caliente” en una fundición de Alemania, la empresa fue capaz de monitorizar con precisión los perfiles de temperatura de la pieza de ensayo en las tres etapas del tratamiento térmico.

Después de esta prueba fueron capaces de reducir sustancialmente el tiempo que las piezas estaban pasando en la zona de permanencia a alta temperatura sin pérdida de calidad de producto, ahorrando así tiempo y consumo energético del horno.

Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas

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

Por carta: Goya, 20, 4º - 28001 Madrid

Teléfono: 917 817 776 - Fax: 917 817 126 - E-mail: pedeca@pedeca.es

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

"Metodología para elegir el T.T. más adecuado y así mejorar la calidad de los productos metalúrgicos"

22enes. JORNADES TÈCNIQUES
Escola del Treball de Barcelona

Ponente: Joan Martinez Arcas
Catedrático – Ex-Profesor de l' Escola del Treball de Barcelona.
Miembro Comisión de Expertos Política Tecnológica e Investigación MEC.
Evaluador proyectos Investigación Tecnológicos Minist. Ciencia Innovación.
Assesor de ASCAMM / Ingeniería de Materiales i T.T.

Sumario

1. Definición y finalidad de los Tratamientos Térmicos (T.T.). Elección del más adecuado.
2. Clasificación de los T.T. (T.T. Másicos y Superficiales).
3. Distorsiones provocadas por los T.T.
4. Desarrollo Sostenible.
5. Varios (El antes y el después de los T.T.). Aseguramiento de la calidad, Factores de influencia. Prospectiva de futuro. ISO 14000. I+D
6. Conclusiones

1. Definición y finalidad de los T.T.

1.1. Definición:

Transformación estructural de un material provocada por cambios de temperatura.

(Transformaciones alotrópicas)

1.1. Definición de los T.T. (I)

Proceso desarrollado sobre materiales metálicos, con variación de temperatura y que permite modificar las características mecánicas del material tratado.

1.1. Definición de los T.T. (II)

¿QUÉ PRETENDEN CONSEGUIR?

Mejorar o potenciar alguna de las propiedades que debe presentar el material.

- DUREZA - FRAGILIDAD.

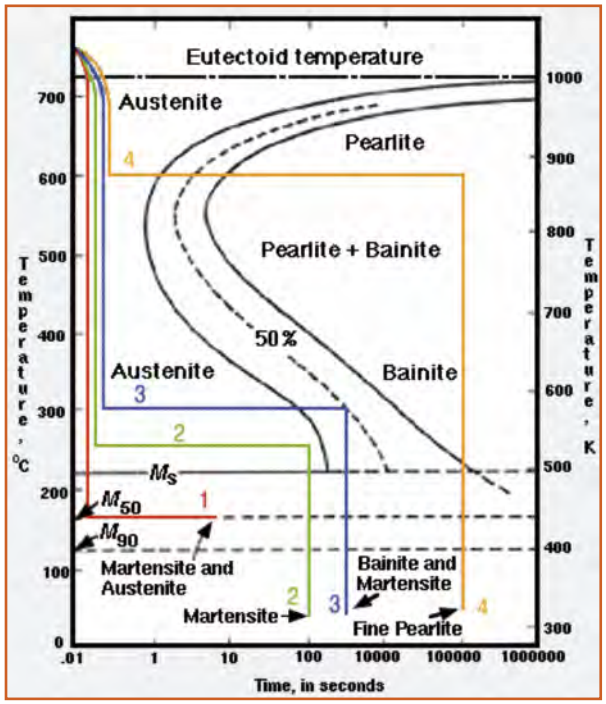


Diagrama: Tiempo-Temperatura-Transformación.

- TENACIDAD.
- FACILIDAD DE MECANIZADO.
- FACILIDAD DE DEFORMACIÓN, ESTIRADO, EMBUTIDO.
- RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.
- RESISTENCIA AL DESGASTE ABRASIVO Y ADHESIVO.
- ELASTICIDAD.
- RESISTENCIA MECÁNICA.
- RESISTENCIA A LA FATIGA TÉRMICA.

1.1 Definición de los T.T. (III)

- Colada de acero.
- T.T. de homogeneización de estructura.
- Laminación-forja.
- T.T. de homogeneización del tamaño de cristales y facilidad de mecanizado.
- Desbaste.
- T.T. de relajación de tensiones (estabilizado 660 °C).
- Mecanizado con tolerancia.
- T.T. de endurecimiento a alta temperatura (temple y revenido).
- Rectificado o acabado.
- Endurecimiento a baja temperatura (distensión).
- Acabado – pulido.
- T. Superficial o recubrimiento.

1.2. Finalidad de los T. T. (I)

El medioambiente, la salud, la seguridad y sus regulaciones respectivas son las principales preocupaciones con las que se enfrenta la industria en general. El interés por el impacto medioambiental irá más allá del reciclado de componentes. Tanto el material como el diseño se verán afectados por conceptos de reciclabilidad.

"El Tratamiento Térmico tiene precisamente la finalidad de comunicar al acero las propiedades adecuadas en relación a su empleo."

En la práctica, se puede siempre fijar como regla general que el T.T. óptimo consiste en hacer coexistir en el mismo acero, los valores máximos posibles de las diferentes características mecánicas.

En los casos difíciles, pueden llegarse a escoger aceros especiales altamente aleados; pero no es siempre necesario recurrir a esta solución siempre cara. El T.T. bien elegido y aplicado puede a veces ejercer sobre las propiedades finales del acero una influencia más grande, que ciertas variaciones de la composición química.

1.2. Finalidad de los T. T. (II)

De todos es sabido que un acero especial que ha sufrido un T.T. defectuoso, puede dar resultados inferiores a los de un acero no tan aleado o simplemente al carbono, tratado correctamente.

Puede afirmarse que si bien la ejecución de T.T. ha perdido su carácter empírico y se ha llegado a una técnica elevada en el estudio de la transformaciones, que siguen los aceros al calentar y al enfriar. A pesar de todo, la elección del mejor tratamiento a aplicar queda sujeto normalmente a la experiencia, sobre todo cuando se trata de herramientas.

A pesar de todo ello, hoy podemos afirmar que la elección adecuada del medio, conjuntamente con la tecnología del proceso a seguir, se puede garantizar un resultado previsto y repetitivo.

Con motivo de estas Jornadas Técnicas, y en esta ocasión, veremos la gran importancia que tienen los Tratamientos Térmicos en el mundo tecnológico, cada vez más complejo, pero de indudable interés y apasionado a la vez. La elección del TT más ade-

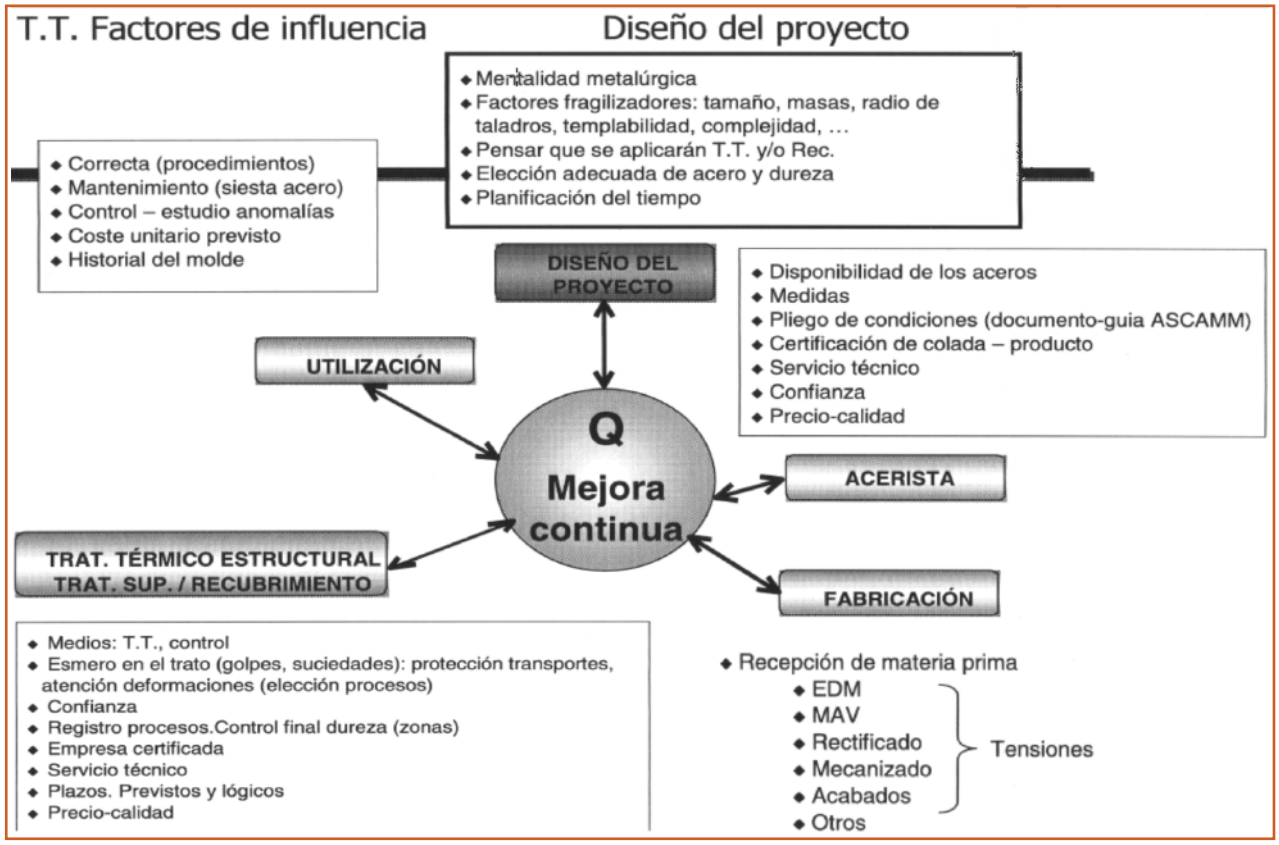


Diagrama 2.

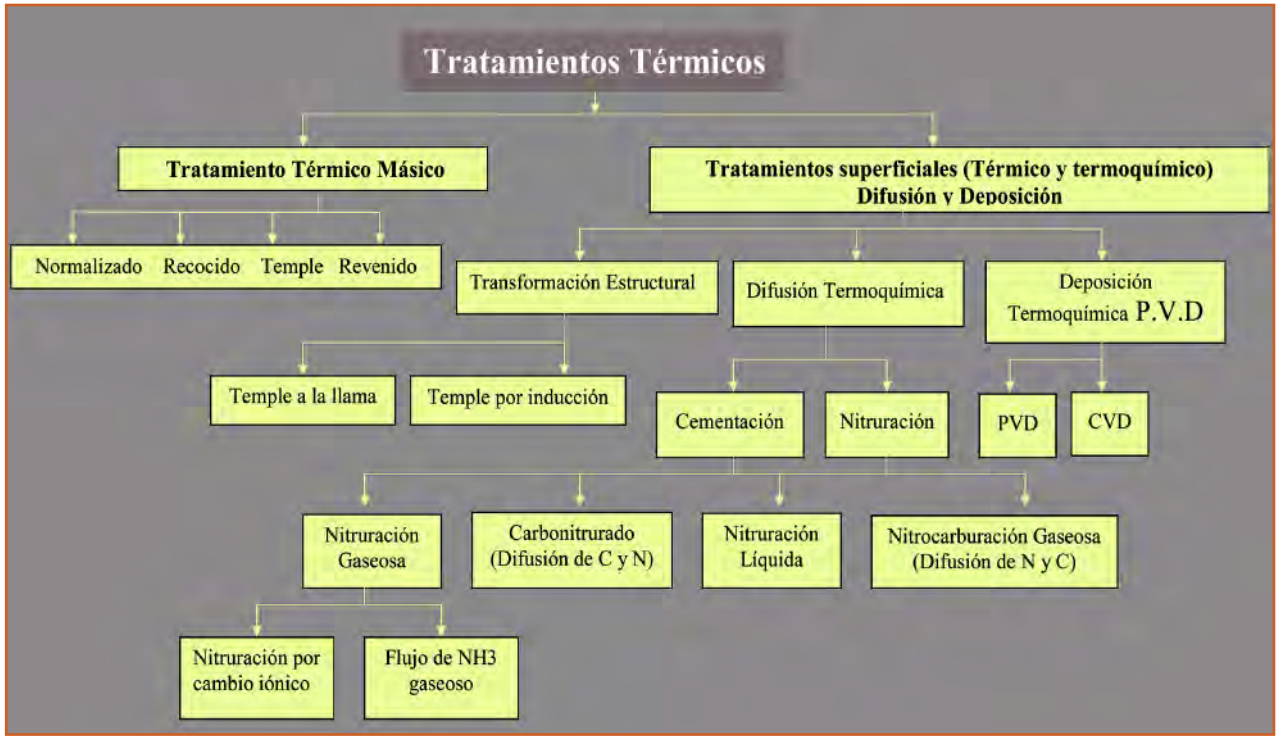


Diagrama 3.

cuado, tendrá en cuenta el diseño del producto y los factores de influencia de los TT, consiguiendo así mejorar la calidad de los productos metalúrgicos.

1.3. Aseguramiento de la calidad

(Diagrama 2.)

2. Clasificación de los T.T. (T.T. Másicos y Superficiales)

(Diagrama 3.)

El conocimiento de las condiciones y tipo de trabajo que deberá realizar una determinada pieza exige la correcta elección de: Material, Diseño, Mecanizado, Tratamiento térmico y Acabado.

2.1. Consideraciones generales sobre los T.T.

Los tratamientos térmicos másicos afectan a toda la masa de material (núcleo y superficie):

- Normalizado.
- Recocidos.
  - — Recocidos supercríticos.
  - — Recocidos subcríticos: globular, de ablandamiento, contra actritud, de estabilización.
  - — Recocidos isotérmicos.
- Temples.
- Temples normales (enfriamiento continuo).
  - — Temples interrumpidos.
  - — Temples isotérmicos: austempering, martempering.
  - — Temples superficiales: oxiacetilénico, inducción, láser.
- Revenido.

2.2. Consideraciones generales sobre los T.T.

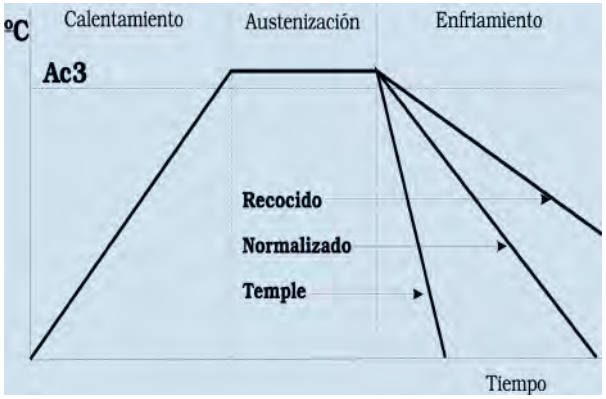


Diagrama 4.

2.3. Normalizado

Pretende afinar el tamaño de los cristales y preparar al material para tratamientos térmicos posteriores.

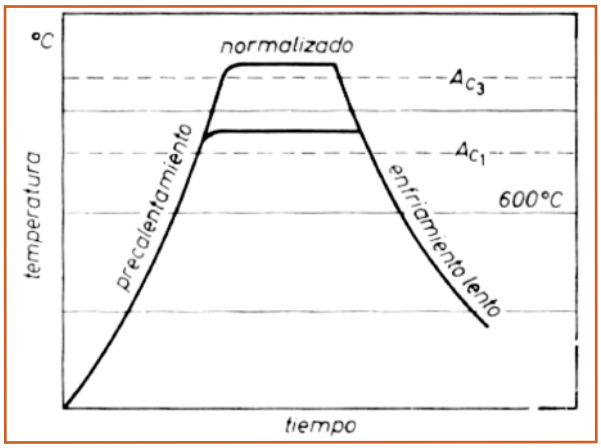


Diagrama 5.

El acero, dependiendo de su composición química, puede ganar dureza.

Un acero templado previamente perderá dureza y estructura de temple.

2.4. Recocido (I)

Pretende obtener bandas de cementita y ferrita muy homogéneas.

Generalmente se realiza después de tratamientos termomecánicos, como por ejemplo la forja.

Pretende obtener nódulos de cementita en matriz ferrítica.

Su principal función es convertir las láminas en glóbulos, porque se facilita el mecanizado del material. Disminuye su dureza.

Diagrama 6.

2.4. Recocido (II)

Se realiza a menos temperatura que la crítica.

Rebaja las tensiones acumuladas en el material por mecanizado, soldadura o deformado en frío.

Reduce las deformaciones que se producen en el temple.

Diagrama 7.

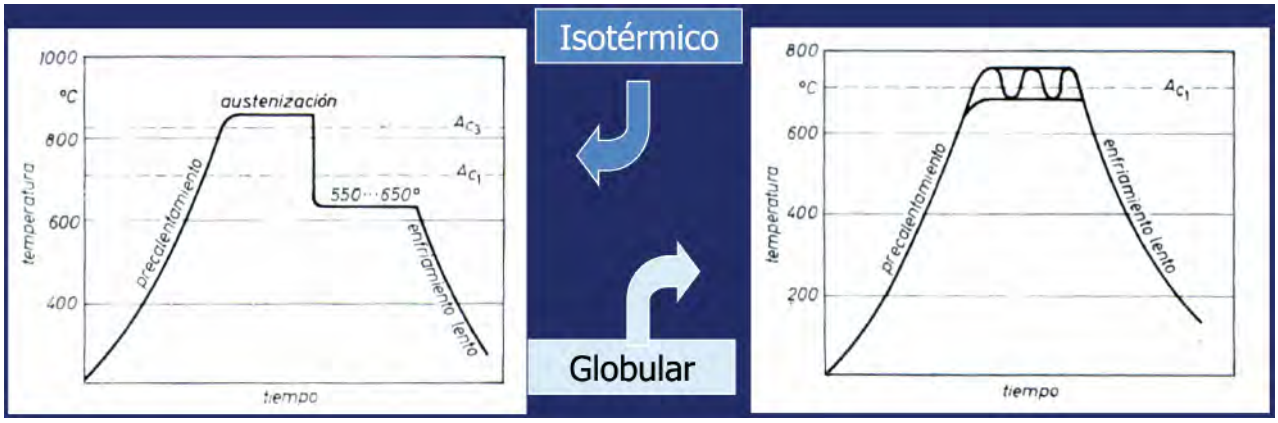


Diagrama 6.

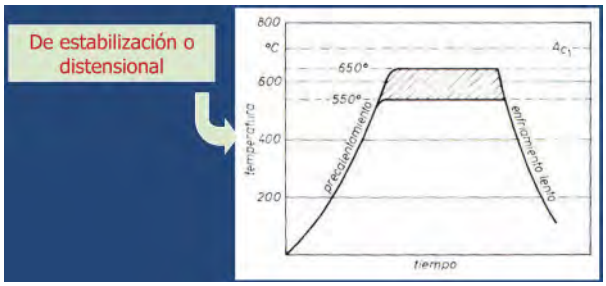


Diagrama 7.

2.4. Recocido (III)

Se realizan para homogeneizar la estructura o la composición del material.

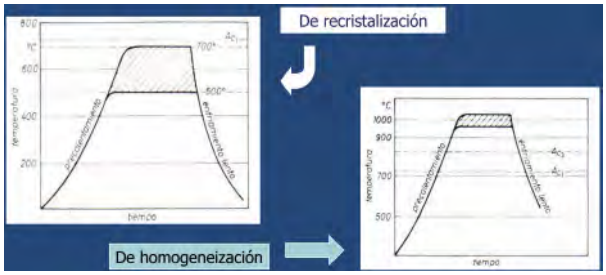


Diagrama 8.

Diagrama 9.

2.5. Temple

Se realizan para obtener estructuras metaestables a temperatura ambiente, consiguiendo mayor dureza, flexibilidad y resistencia al desgaste.

Diagrama 9.

2.5.1. Temple: Medios de Enfriamiento

— Agua con polímeros. Puesto que el agua tiene un punto de ebullición muy bajo, debe de ser mezclado con polímeros que se lo aumenten. También se puede realizar en salmuera.
— Aceite. Puesto que es altamente inflamable, está siendo reemplazado por otros medios.
— Gas inerte. Es sin duda alguna el que más futuro presenta ya que garantiza homeneidad, velocidad, inertización y bajo peligro. El gas se suministra a presión (4-10 bar).
— Sales. Por problemas medioambientales están cayendo en desuso.

2.6. Revenido

Diagrama 10.

3. Distorsiones provocadas por los T.T.

Distorsiones ocasionadas en el temple:

— Se generan por la variación estructural que sufre el acero (aumenta su parámetro de red) y por las tensiones introducidas en el proceso de enfriamiento súbito.

— El correcto posicionamiento dentro del horno puede ayudar a reducir su efecto.

— El diseño del componente a ser templado debe realizarse a conciencia, evitando cantos vivos, ángulos rectos, espesores demasiado pequeños, …

— La elección del medio de enfriamiento más idóneo reducirá su efecto.

— La elección del acero en función de su templabilidad según masa.

4. Desarrollo Sostenible (I)

El medioambiente, la salud, la seguridad y sus regulaciones respectivas son las principales preocupaciones con las que se enfrenta la industria en general. El interés por el impacto medioambiental irá más allá del reciclado de componentes. Tanto el material como el diseño se verán afectados por conceptos de reciclabilidad.

La reciente preocupación por los aspectos medioambientales está provocando una mayor tendencia hacia la adopción de tecnologias no contaminantes en el entorno laboral, lo que supone buscar alternativas en aquellos procesos ya instalados que resulten perjudiciales medio ambientalmente. La demanda de la sociedad por el respeto al medio ambiente, afecta a la industria con una presión cada vez sin duda más creciente, por lo que conviene ir actualizando los sistemas productivos a las nuevas exigencias.

Instalación para el bonificado continuo de grandes series
Atmósfera controlada, regulación y registro automático de temperatura
Producción: 400 kg/h.

Hornos verticales, Adecuados para tratamientos diversos de grandes masas
Capacidad útil: Altura: 2600 mm.
Diámetro: 1800 mm.

Temple por media frecuencia
Potencia: 300 kw
Frecuencia: 6 kHz
Longitud útil: 2500 mm.

Temple por alta frecuencia
Potencia: 12 y 50 kw
Frecuencia: 50 kHz
Temple de engranes

Temple por media frecuencia
Potencia: 80 kw
Frecuencia: 10 kHz
Temple de bancadas

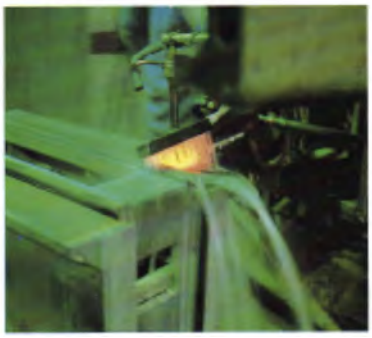


Diagrama 11.

4. Desarrollo Sostenible (II)

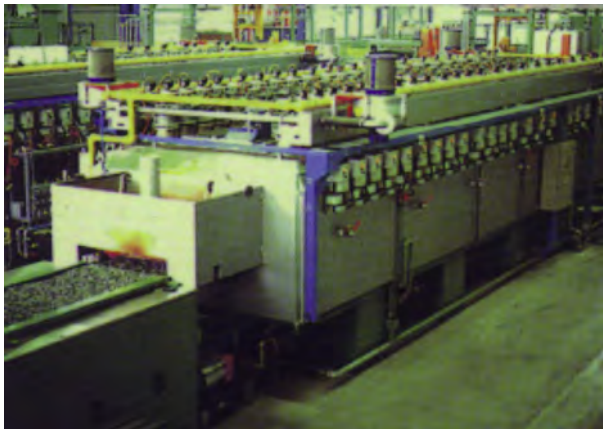
- Las industrias de Tratamientos Térmicos quedan por todo lo expuesto muy afectadas en cuanto al Desarrollo Sostenible. La aplicación de tecnología de vacío en la fabricación de hornos justifica este imperativo.
- La mejora de las instalaciones y tecnologia de todo tipo de tratamientos que aseguren una calidad ambiental en el medio de trabajo y no generen residuos ni contaminantes, son decisivos en este sector (OPTI).

5. El antes y el después de los T.T. (I) Aseguramiento de la calidad-Prospectiva de futuro

(Diagrama 11.)

5.1. El Antes y Después (II). *(Diagrama 12.)*

Primera instalación en el año 1964, para cementación y carbonitruración en sales.



Línea continua de cinta para temple, cementación, carbonitruración y revenido de última generación.

Vista general de la empresa.

5.1. Instalaciones actuales (III). *(Diagrama 13.)*

Instalación de cementación, carbonitruración y temple.

Instalación de alto vacío.

5.2. Prospectiva de futuro (IV). ISO 14000.

(Diagrama 14.)

6. Conclusiones (I)

(Diagrama 15.)

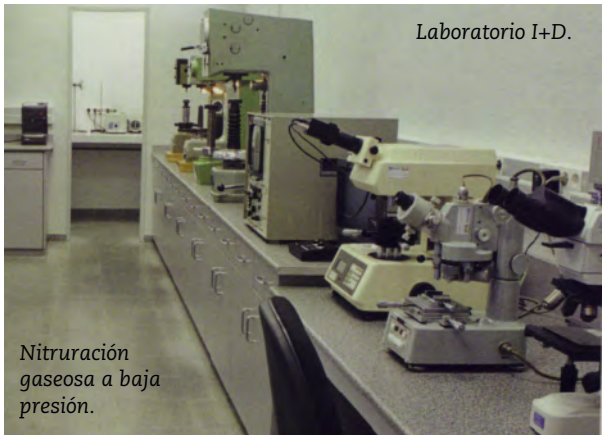


Diagrama 14.

6. Conclusiones (II)

- Los T.T. transforman la estructura de los materiales y les confieren las propiedades deseadas para un trabajo óptimo, mejorando así los productos metalúrgicos.
- Los T.T. se rigen por diagramas termodinámicos y cinéticos.
- Los factores representativos de la mejora contínua son decisivos para conseguir unas prestaciones que satisfagan las espectativas.
- Los T.T. se realizan en varias de las etapas de fabricación de una pieza. La certificación de los procesos reales es factor importante.
- Los T.T. se realizan en instalaciones especiales, donde el medioambiente, el ahorro energético la salud y la seguridad son actualmente factores imperativos.

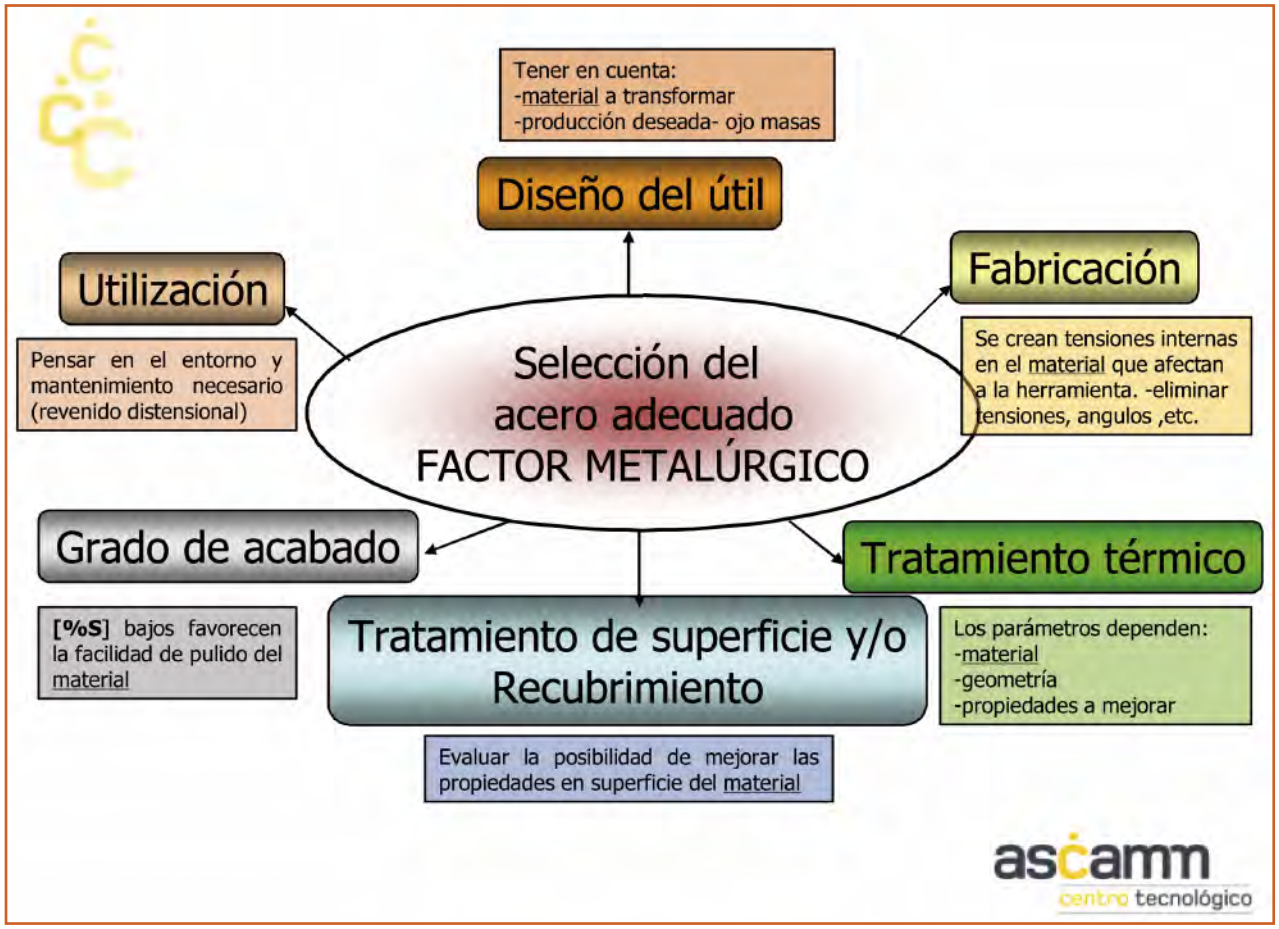


Diagrama 15.

BUSCAMOS:

Responsable técnico comercial para España – Provincia de Valencia

Más información en:
www.meusburger.com

FÁBRICA DE HORNOS Y ESTUFAS INDUSTRIALES.

Situada en Barcelona precisa Ingeniero con experiencia probada, para su Departamento Técnico.

j.mir@bautermic.com

Ref. 11

EMPLEO

Empresa introducida en el sector de fundición no férrica.

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

Se valorarán sus conocimientos y relaciones comerciales.

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

SILVIA BACCO

TRADUCCIONES: SECTOR FUNDICIÓN

INGLÉS-FRANCÉS-ESPAÑOL

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

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

Industrial Engineer in Mechanics & MBA

15 years of work experience focused on commercial, project management and technical areas developed in different industries (foundries and steel plants, minerals, thermal insulation, automotive, aluminium & prefabricated construction structures).
Leadership in management of technical and sales teams, business development strategy and management of project departments.
Good communication and teams leadership skills, team work, organized, negotiation abilities, empathy, adaptability, result oriented, proactivity and initiative.

Ref. 12

JEFE DE ACERÍA

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

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

Ref. 9

Empresa de tratamientos y recubrimientos de la provincia de Barcelona busca un

Técnico - Comercial para España

Deberá viajar constantemente por todo el territorio español y, esporádicamente, al extranjero.

Requisitos:

- Ingeniero de materiales o ingeniero mecánico, con experiencia en tratamientos térmicos y superficiales.
- Preferiblemente con experiencia en tareas comerciales (en industria mecánica y / o de automoción).
- Alto nivel de inglés. Se valorará francés.

Ref. 10

Técnico comercial fundición exportación

Descripción de la oferta: Dependiendo de la Dirección de la empresa, ubicada en Pamplona, se dedicará a la venta de las piezas de fundición que fabricamos y vendemos. Para ello, viajará por diferentes países y mantendrá reuniones con los distribuidores de los principales mercados en los que estamos trabajando actualmente (zona Magreb, Países Árabes, Rusia, Sudamérica, etc.).

Requisitos mínimos:
- Amplia experiencia en la venta de piezas de fundición, principalmente en el sector de la minería, así como en el de las cementeras e industria.
- Total disponibilidad para viajar a nivel internacional (90-100% de la jornada).
- Dominio de inglés, valorándose otros idiomas.
- Experiencia mínima en puesto similar de 5-8 años.
- Incorporación inmediata.

Condiciones contrato:
- 6 meses Temporal + indefinido.
- Jornada completa.
- Salario Fijo + Comisiones.

Aquellas personas interesadas en el puesto, pueden enviarnos su c.v. actualizado a la dirección de correo electrónico **rrhh@triman.es** indicando la **Ref. Fundición Export**.

Especialistas en Tecnologías del Vacío

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

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

oerlikon
leybold vacuum

HOT técnicas en Hornos HOT S.L.

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

AICHELIN Group
Lohmann Qualität in Edelstahl
Stop off paints LUISO

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

SECO/WARWICK
Heat Processing Equipment

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

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

innovation • performance • reliability

Pometon
Líder en fabricación y desarrollo de granallas y polvos metálicos

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

Fabricamos:

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

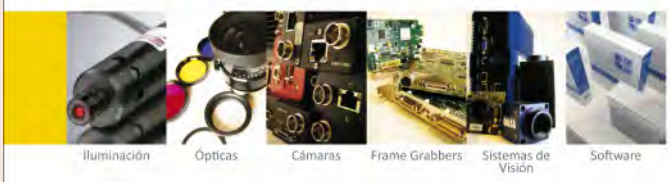
Bautermic
Tel: 933 711 558 - Fax: 933 711 408
www.bautermic.com
e-mail: comercial@bautermic.com

ACEMSA
Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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



INFAIMON
SU ASESOR EN VISIÓN ARTIFICIAL

www.infaimon.com | infaimon@infaimon.com

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

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

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

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

Emison
Grup EMISON
Pl. Can Català - Can Cabanyes, 99 - 08401 Granollers - Tf. Directo: 938 792 871
INTERNET: www.emison.com - MAIL: marc@emison.com

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

Flexinox INDUSTRIAL
www.flexinox.com
ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECAMBIOS EN ACEROS REFRACTARIOS
TUBOS RADIANTES
MUFLAS
RETORTAS
UTILLAJES
CESTAS Y CRISOLES
CADENAS
REPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE HORNOS
(OBRAS REFRECTARIAS)
Representante para España de AUBE-LINDBERG
FILINOX, S.A.
C/ Sant Adrià, 76
08030 Barcelona
Tel.: 93 223 26 82
Fax: 93 223 26 87
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
Galileu 313 baixos, E-08028 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 SA
RD
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L Apdo. 4052 - 48080 BILBAO - ESPANA
Tel: +34. 94.426.25.22 Fax:+34. 94.426.22.62 info@aplitec-tt.com www.aplitec-tt.com

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

PROYCOTECME
HORNOS INDUSTRIALES PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
Especialistas en Tratamiento Térmico
Pol. Ind. Can Castell
c/ Industria, 113 - Nave 1-K
08420 Canovelles (Barcelona) Spain
Teléf.: +34 938 467 984
Fax: +34 938 401 492
www.proycotecme.com

Interbil

Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

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

www.interbil.es

ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

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

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

S. A. METALOGRAFICA

DESDE 1949

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

NUESTROS SERVICIOS	CAPACIDADES MÁXIMAS
• TT VACÍO DE: MOLDES, MATRICES Y HERRAMIENTAS • CEMENTACIÓN Y CARBONITRURACIÓN • NITRURACIÓN • NITROVAC-S®:NITROCARBURACIÓN ANTIOXIDANTE • TENIFER: NITRURACIÓN ANTIDESGASTE • TT ACERO RÁPIDO • HIPERTEMPLE • BONIFICADO, RECOCIDO Y NORMALIZADO • OXY-VAPOR®: TT ANTIGRIPANTE • NOXYT®: PAVONADO DURO • ANÁLISIS DE MATERIALES • ASESORAMIENTO METALÚRGICO • CARBOVAC®: CEMENTACIÓN VACIO • IONIT OX®: NITROCARBURACIÓN POR PLASMA	• TEMPLE EN VACÍO: ø 1500 x 2000 mm (Moldes hasta 2500 Kg) • NITRURACIÓN Y • NITROCARBURACIÓN: ø 1000 x 1500 mm • CEMENTACIÓN • CARBONITRURACIÓN • BONIFICADOS: 1600 x 1600 x 700 mm (Piezas hasta 2000 Kg)

Polig. Ind. POLIZUR - Naves 4, 5 y 6
08290 CERDANYOLA (Barcelona)
www.metalografica.com
metalografica@metalografica.com

Safe Cronite

L'esprit industriel

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

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

Hornos industriales para el tratamiento térmico

SOLO Switzerland

www.soloswiss.es

SOLO Swiss
CP 7127 - 2500 Bienne 7 - Suiza

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

COMERCIAL SATEC
SOCIEDAD LIMITADA

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

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

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

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

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

HÄRTETECHNIK BURGDORF OSMIROL NÜSSLE — CIEFFE — HSH HÄRTEREITECHNIK

Hornos industriales y estufas

Borel Swiss
Rouges-Terres 61 - 2068 Hauterive - Suiza

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

Borel Special Furnaces Switzerland

testo 350

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

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

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

We measure it. testo

Termopares especiales
calibraciones ENAC
automatización de procesos
Reguladores
Video-Registradores
pirometro infrarrojo
calibración hornos de vacío
experiencia
desde -200 a 2400ºC
Termopares
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
Hornos y Refractarios
Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.
Avda. Cervantes, 6 - 48970 Basauri, Vizcaya
Tel.: 944 409 420 • Fax: 944 496 624
e-mail: insertec@insertec.biz • www.insertec.biz

HEA
SINCE 1945
HORNOS INDUSTRIALES
www.alferieff • hea@hornoshea.com
Tel: 916396911 • MADRID

SPECTRO
Driven to Discover

Espectrómetros para analizar metales

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

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

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

www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 52
ALD VACUUM 17
APLITEC 53
ARROLA . . . . . Contraportada 4
B.M.I. 53
BAUTERMIC 52
BOREL FURNACES 55
COMERCIAL SATEC 55
DEGUISA 53
EMISON 53
ENTESIS 53
FIMM PERÚ 39
FISCHER 54
FLEXINOX 53
GIFA 11
HEA 5
HORNOS DEL VALLÉS 19
HOT-AICHELIN 21
INFAIMON 52
INSERTEC . . . . . PORTADA
INSTRUMENTOS TESTO 5
INTERBIL 3
LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS 29
METALMADRID 13
MTC 17
NAKAL 54
OERLIKON LEYBOLD VACUUM . . . 52
POMETON 52
PROYCOTECME 53
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 54
SAFE-CRONITE 25
SECO/WARWICK 52
SOLO SWISS 55
SPECTRO 55
SUBCONTRATACIÓN . . . . . Contraportada 2
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN . . . 23
TECNYMAT 15
TRATERMAT 9
WHEELABRATOR 54

Próximo número

JUNIO

Nº Especial **THERMPROCESS** (Düsseldorf).
Gases especiales. Elementos y útiles para hornos. Robots. Software de control.
Automatización. Microscopía. Análisis de gases, agua. Sales. Utillajes. Recambios.

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

¿Conoce nuestras revistas digitales?

Ventajas de las que puede beneficiarse:

- Anuncios enlazados con su web y redes sociales
- Búsquedas precisas por palabras
- Compartir artículos
- Disponible en su tablet, smartphone u ordenador
- Fácilmente descargable

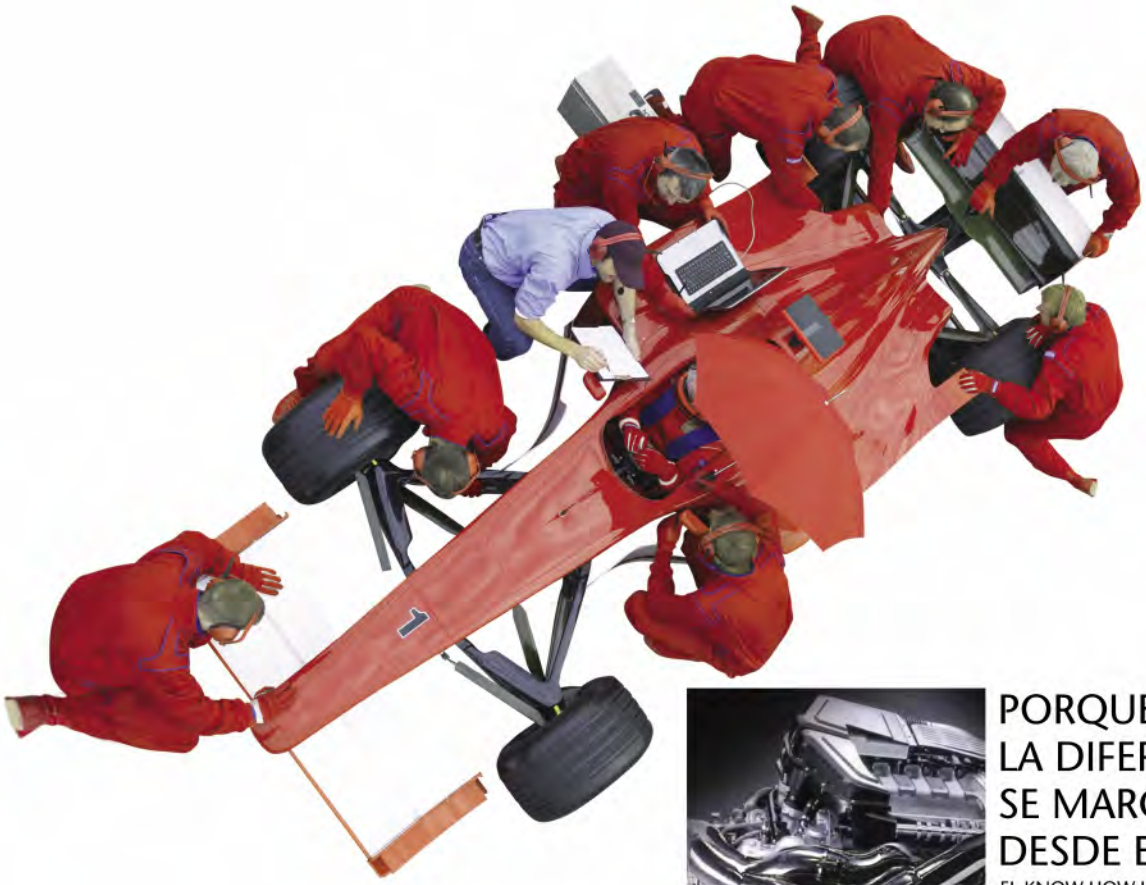
Puede verlas en: www.pedeca.es/revistas

Solicítelas en: pedeca@pedeca.es

PEDECA Press Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

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

publadk.com