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

TRATER PRESS

DICIEMBRE 2011 • Nº 26

TRATER Press

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

DICIEMBRE 2011 • Nº 26

www.pedeca.es

FLOX®

INNOVACION EN TECNOLOGIA DE QUEMADORES

interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Deutscher Umweltpreis 2011

German Environmental Award 2011

WS

28 Mayo - 2 Junio

2012

27 BIEMH

BIENAL ESPAÑOLA
DE MÁQUINA-HERRAMIENTA

La **27ª edición de la BIEMH** será un punto de encuentro de alto nivel tecnológico y de innovación en el sector:

REPRESENTACIÓN POR SECTORES

- MÁQUINAS HERRAMIENTA
- OTRAS MÁQUINAS
- HERRAMIENTAS PARA MÁQUINAS-HERRAMIENTA
- PIEZAS, COMPONENTES Y ACCESORIOS
- AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
- METROLOGÍA Y CONTROL DE CALIDAD
- SERVICIOS PARA EL TALLER Y LAS EMPRESAS

AFM
Machine-Tool Manufacturers' Association of Spain (AFM)
Asociación Española de Fabricantes de Máquinas-herramienta
www.afm.es

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

INFORMACIÓN DE CALIDAD

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

6 NÚMEROS ANUALES

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

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

5 NÚMEROS ANUALES

65 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

9 NÚMEROS ANUALES

115 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

6 NÚMEROS ANUALES

90 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

PEDECA Press Publicaciones

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

Nuestra Portada

Ingeniería y Productos para Hornos

Resistencias para hornos eléctricos.
Reguladores de potencia a tiristores.
Equipos de control de atmósferas.
Quemadores auto recuperativos.
Hornos de Tratamiento y Laboratorio.
Mantenimiento de Hornos.

Igeniería Térmica Bilbao, SL
Iberre 1 M5 Sondika Vizcaya - Spain
Tel +34 944 535 078 Fax +34 944 535 145
Email: bilbao@interbiil.es
www.interbil.es

Tecnología en Procesos térmicos

Sistema FLOX, de combustión sin llama.
Innovación en auto recuperación.
Nuevo recuperador con intercambiador de tubos hasta el 85% de eficiencia.
Servicio técnico y de repuestos global.
Quemadores directos o con tubo radiante.

Wärmeprozesstechnik GMBH WS
D71272 Renningen Alemania
Tel +49 7159 1632-0 Fax +49 7159 2738
Email: ws@flox.com
www.flox.com

Sumario • Diciembre 2011 - Nº 26

Editorial 2

Noticias 4

OERLIKON SOLDADURA • Jesús Martínez nuevo Director General de Brammer Iberia • Oerlikon Soldadura entrega los XI Premios al Mejor Soldador.

Artículos

- Jornada ASAMMET 6
- Nueva cámara de termografía fija FTI-E 1000 de Land Instruments Int. 8
- Subcontratación 2011 se salda satisfactoriamente para HEGAN, presente con una isla aerospacial 10
- Phoenix con el tratamiento térmico - *Por Dave Plester* 12
- Nuevo control de horno FCU500 según EN 746-2:2010 y SIL/PL - *Por David Agustí Montins* 14
- "Claves de innovación en la Industria de Forja" - *Por Instituto de Fundición TABIRA* 16
- Termografía y medida de temperatura - *Por Land Instruments International* 19
- Estudio de procesos de nitruración en sales y nitrocarburación gaseosa de herramientas de trabajo en frío - *Por J. Fernández, R. Martínez, R. Bueno, A. Estáun y J. M. Irañeta* 20
- Aspectos de calidad en aceites de temple - *Por Rainer Braun* 26
- MIDEST 2011 31
- La oxidación sin llama 33
- Influencia del proceso de fabricación sobre las propiedades de los aceros de herramientas para trabajos en caliente. Fundición a presión o inyectada - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* 36

Guía de compras 44

Indice de Anunciantes 48

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

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

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

Redactor honorífico:
José María Palacios

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

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

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

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

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

Asociación colaboradora

ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

OPTIMISMO

Llegados a esta parte del año y después del tercer año complicado y duro, debemos mirar el 2012 con optimismo.

Recibimos al año nuevo con buenos propósitos y un pensamiento positivo, el de mejorar. No quiero decir que sea fácil, ni mucho menos, pero debemos ir creciendo poco a poco.

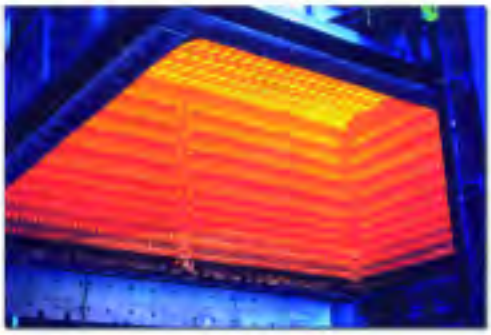
La industria debe seguir su evolución y se tienen que aprobar nuevas medidas rápidamente, que aunque volverán a ser duras, deberían tener el resultado buscado. Es lo que confiamos, lo que deseamos, lo que queremos y lo que necesitamos.

Sobre todo, que las contrataciones laborales puedan realizarse y aumentar, que al final es lo que proporcionará llegar a lo demás.

Deseamos a todos los lectores unas ***Felices Fiestas*** y un ***Próspero año 2012***.

Antonio Pérez de Camino

Hornos
Laboratorio e industriales



Quemadores
recuperativos y regenerativos

WS

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

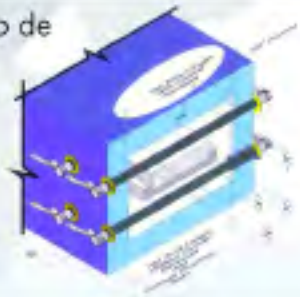
AEG
Power supply systems

Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic

Sonda Lambda

Carburo de Silicio



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

MoSi2 (Hasta 1800ºC)

Interbil
Ingenieria 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

ISO 9001:2000 SGS ACREDITADO POR ENAC

Oerlikon Soldadura

Oerlikon Soldadura S.A., la división de soldadura de Air Liquide, líder mundial de los gases para la industria, la salud y el medio ambiente, con la colaboración de la Consejería de Industria del Gobierno de Aragón y la Cámara de Zaragoza, convoca los Premios "Emilio Domingo" al Soldador de Aragón 2011 (Undécima Edición) y "Miguel Herrando" al Soldador Novel de Aragón 2011 (Primera Edición).

Como novedad, este año el certamen premiará al Mejor Soldador Novel de Aragón con el objetivo de fomentar la formación de profesionales en este sector y su integración en el mundo laboral. Por otra parte, la compañía Air Liquide España colabora con la entrega de uno de los galardones.

La entrega de premios contará con la presencia de varias personalidades del Gobierno de Aragón entre las que destacan el Consejero de Economía el Excmo. Sr. D. Francisco Bono, quien presidirá el acto acompañado de la Directora de Formación Profesional, Dña. Ana Grande, el Director General de Industria , D. Javier Navarro Espada y del Ex Consejero de Industria, Comercio y Turismo, D. Arturo Aliaga. El acto se celebrará el próximo 1 de diciembre en la Cámara de Comercio de Zaragoza con la asistencia del Presidente del Consejo Superior de Cámaras, D. Manuel Teruel.

Info 1

Jesús Martínez, nuevo Director General de Brammer Iberia

Jesús Martínez ha sido nombrado nuevo Director General de Brammer Iberia S.A., compañía dedicada a servicios y soluciones de mantenimiento para la industria, que tiene su sede en Bilbao.

Entre sus funciones, Martínez se encargará de incrementar las capacidades de Brammer Iberia mediante una oferta más amplia de productos y servicios que respondan a las necesidades de Mantenimiento, Revisión y Reparación (MRO) de sus principales clientes, así como de aumentar el número de iniciativas y auditorías presenciales encaminadas al ahorro energético en sus clientes estratégicos.

Martínez se unió a Brammer en 2009 como Director de Compras y Logística y desde entonces ha contribuido de manera notable al desarrollo del negocio de Brammer en España, redefiniendo algunas políticas de compra y stock, apoyando en la introducción de nuevas familias de productos y coordinando diversas iniciativas de Marketing con proveedores estratégicos. Además, Martínez ha combinado su rol como miembro del Comité de Dirección local con sus responsabilidades dentro del Comité Europeo de Compras.

Info 2

Oerlikon Soldadura entrega los XI Premios al Mejor Soldador

Oerlikon Soldadura, la división de soldadura de Air Liquide, líder mundial de los gases para la industria, la salud y el medio ambiente, entregó con la colaboración de Air Liquide, los premios a los mejores soldadores de la región de Aragón en un acto celebrado en la Cámara de Comercio de Zaragoza.

En esta ocasión, la compañía entregó los XI Premios “Emilio Domingo” al Mejor Soldador de Aragón al Acero-Carbono, al Acero Inoxidable y al Aluminio.

En la primera categoría, el galardón recayó en el soldador José Carlos Barón, de la empresa MILLECASA, y fue entregado por el director general de Oerlikon Soldadura S.A., Miguel Ángel Sisamón.

El premio al Acero Inoxidable fue para Agustín Acedo Alonso, de MAESSA y el premio correspondiente al Aluminio, para Víctor Sánchez Aznar de la empresa CAF, S.A.

Por otro lado, como novedad, este año se ha celebrado la I Edición de los Premios “Miguel Herrando” al Mejor Soldador Novel en la que los afortunados fueron, en primer lugar, Joaquín Manuel Budría de la Fundación San Valero. El segundo premio fue para Zeus Pueyo López, también de la Fundación San Valero, y, como tercer premiado, el joven soldador Carlos Gustavo Amaya, del colegio Salesianos Ntra. Sra. del Pilar.

Info 3

DISEÑANDO Y FABRICANDO HORNOS Y ESTUFAS INDUSTRIALES DESDE 1945

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

CONSTRUYENDO FUTURO

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

HORNOS ALFERIEFF® HEA

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

Jornada ASAMMET

El pasado día 24 de Noviembre, se celebró la 3ª edición de la Jornada ASAMMET (Asociación de Amigos de la Metalurgia), coincidiendo con el 2º aniversario de la presentación de dicha entidad. En esta edición 2011, se dieron cita representantes de empresas del sector metalúrgico y del tejido industrial de Cataluña, miembros de la comunidad académica y representantes de entidades afines a este sector.

Dos imágenes de la sala en la que durante la celebración de la Jornada ASAMMET 2011.

Al inicio del evento, que se celebró en la Sala de Conferencias de la ETSEIAT (Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industrial y Aeronáutica de Terrassa), sede de ASAMMET, David González, Subdirector de ETSEIAT, dirigió unas palabras a los asistentes en nombre del centro y manifestó la satisfacción del equipo directivo por contar, entre las entidades de divulgación científica y tecnológica, con la colaboración de ASAMMET.

A continuación, Manuel Rivas, Vicepresidente de ASAMMET, actuó de portavoz de la entidad con unas palabras del Presidente de ASAMMET, Juan Martínez Arcas, gran ausente de la jornada por

Ponentes y moderadora del acto. De derecha a izquierda, Manuel Rivas.(Vicepresidente ASAMMET), David González (Subdirector ETSEIAT), César Molins (conferenciante invitado) y Núria Salán (Secretaria ASAMMET).

Curso Materplat:

Presente y tendencias de las Tecnologías de Superficies en el Sector de Transporte

Presentación

Las tecnologías de tratamientos superficiales han tenido un espectacular desarrollo en los últimos años tras el advenimiento de modernas técnicas de deposición de capas delgadas, incluyendo la modificación directa del estado de la misma superficie mediante técnicas de difusión por plasma, láser, etc.

Se obtienen así nuevas propiedades en la superficie del material, relacionadas con la mejora del comportamiento de numerosos productos frente al desgaste, abrasión, corrosión, oxidación y problemáticas relacionadas, que pueden ser diseñadas y adaptadas a las exigencias cada vez mayores del mercado. De este modo es posible incrementar el ciclo de vida, y con ello el valor añadido de los productos manufacturados.

El Curso ofrece una puesta al día en las tecnologías de superficie industriales más relevantes, así como las nuevas tendencias para los próximos años. Específicamente está focalizado hacia el procesado de las piezas y componentes de los vehículos de Transporte: Aeroespacial, Automoción, Ferrocarril y Marítimo-Naval y tiene como objetivos principales:

Mostrar el estado del arte y tendencias a medio plazo de las tecnologías en uso
Nuevas tecnologías de superficies: ventajas e inconvenientes

Dirigido a personal de las empresas: Dirección Técnica, Calidad, Dep. I+D, Técnicos especialistas

Sedes y fechas del Curso: **Madrid – 18 Enero 2012**
Barcelona – 15 Febrero 2012
Vigo – 14 Marzo 2012
San Sebastián – 11 Abril 2012

Programa

10.00 Apertura del Curso. Ponencia introductoria. D. José María Albella. ICMM.CSIC
11.00 Tecnologías y tratamientos superficiales resistentes al desgaste y fricción. D. Pablo Corengia - TECNALIA
12.00 Pausa-café
12.30 Tecnologías superficiales para aplicaciones ópticas. D. Francisco Villuendas – U. ZARAGOZA
13.30 Tratamientos superficiales por Láser. D. Jorge Arias – AIMEN
14.30 Almuerzo de trabajo
15.15 Tecnologías avanzadas para aplicaciones decorativas. D. José Antonio García. AIN
16.15 Ingeniería de superficies y corrosión en el sector del transporte. D. F. Javier Perez Trujillo-UC-MADRID
17.15 Resumen de las ponencias
17.30 Cierre del Curso

Cuota de inscripción: Miembros de Plataformas = 280 euros por asistente
No Miembros de Plataformas = 320 euros por asistente

Este Curso puede formar parte de los planes de Formación Continua de la empresa y por tanto acogerse a las bonificaciones de la Fundación Tripartita. Se facilitará a las empresas de los asistentes que lo soliciten, la colaboración técnica necesaria para obtener la subvención señalada.

Información e inscripciones

Para más información e inscripciones dirigirse a:

MATERPLAT : [illegible]@materplat.es **- Telef. 609 40 51 55**
Asociación de la Industria Navarra: [illegible] **- Telef. 948 421 190**

César Molins, en un momento de su conferencia "La Metalurgia en Cataluña. ¿Sector maduro?".

TRATER press

Suscripción anual 2012
6 números
90 euros

pedeca@pedeca.es

Tel.: 917 817 776

Fax. 917 817 126

motivos de salud (y a quien, desde estas líneas, deseamos una muy pronta y completa recuperación). En su alocución, Rivas tuvo palabras de agradecimiento para la ETSEIAT, para los miembros de la Junta Directiva de ASAMMET, para los socios y entidades participantes y, cómo no, para el conferenciante del acto, Dr. César Molins.

Con la conferencia titulada "La Metalurgia en Catalunya ¿Sector maduro?", el Sr. Molins, Director General de AMES S.A. (Aleaciones de Metales Sinterizados, S.A) y Ex-presidente de EPMA (European Powder Metallurgy Association), ofreció una visión histórica de la presencia de industria metalúrgica en toda Catalunya, desde el punto de vista de la industria del sector. La actividad tuvo una muy gran aceptación por parte del público asistente en la sala, con quien, al finalizar su exposición, el Dr. Molins inició un dinámico debate moderado por Núria Salán, secretaria de ASAMMET.

Posteriormente, los asistentes pudieron compartir una copa de cava en un aperitivo que se prolongó hasta bien avanzada la tarde-noche. Durante el acto social, los asistentes pudieron compartir inquietudes, considerar participaciones conjuntas en actividades que se realizan alrededor de ASAMMET y, también, pudieron disfrutar de las demostraciones que realizó Prepedigno Martín, estudiante de la ETSEIAT, quien ha diseñado, entre otros dispositivos, un equipo de levitación magnética que se puede utilizar en las aulas para visualizar dicho concepto, dentro de su Proyecto Final de Carrera "De la NASA a casa...".

Momento de la jornada en que la Secretaria de ASAMMET, Núria Salán, hace entrega de un obsequio al conferenciante invitado, César Molins.

La **solución** para el tratamiento de superficies

Granalladoras - Equipos de chorreado - Filtros de aspiración

aju

Ctra. San Vicente, 17 - 48510 VALLE DE TRÁPAGA - VIZCAYA - ESPAÑA
Telf.: +34 944 920 111 Fax: +34 944 921 212 - e-mail: aju@aju.es

www.aju.es

Subcontratación 2011 se salda satisfactoriamente para HEGAN, presente con una isla aeroespacial

La industria aeronáutica y espacial ha adquirido un papel muy significativo en la última edición de la feria Subcontratación, celebrada en el Bilbao Exhibition Centre. El certamen industrial ha incluido citas programadas entre las empresas que han generado contactos de gran interés para los participantes de aeronáutica y espacio.

HEGAN, la Asociación Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco, ha participado, junto a 11 empresas asociadas, en Subcontratación 2011, donde ha contado con una isla aeroespacial de 80 metros cuadrados, compuesta por la propia asociación HEGAN, y las empresas Aernnova, DMP, Novalti, Sener, Sisteplant, TEY y WEC. Además de este espacio agrupado, las compañías con actividad en el campo de tratamientos de superficies TTT, Nivac y Ayzar han contado con stand propio en la feria e ITP acudió como visitante.

A su vez, Burdinberri compartió stand con la francesa BHR Aircraft Corporation, un espacio en el que expusieron su proyecto común, un pequeño helicóptero biplaza, considerado el más ligero del mundo con sus 285 kilogramos. La estructura modular de esta nave, ha sido realizada en fibra de carbono y kevlar, siendo única en su clase.

Desde el punto de vista de HEGAN, el certamen industrial ha destacado por la demanda de información por parte de un importante número de empresas españolas interesadas por la actividad de la asociación y del sector, así como por las consultas sobre la posibilidad de asociarse. Del mismo modo, resalta el gran tránsito de expositores y visitantes por el stand del clúster – ampliación de su red de relaciones- que se podrían traducir en oportunidades para el sector una vez evaluados los retos y sinergias identificados.

José Antonio Castaño (WEC), que asistía como comprador, ha percibido de forma clara el papel tractor de la aeronáutica en la feria, “con una llamativa proporción de empresas participantes con actividad en este sector”. La compañía valora positivamente el encuentro, en el que ha establecido contactos “con potencial” y agradece al Cluster el papel desarrollado en el encuentro, al tiempo que le anima a seguir con esta labor.

Por su parte, Dorleta Uraga (Sener), compañía que asistió en la doble vertiente de comprador y vendedor, considera que aunque ha resultado escaso el volumen de visitantes que se han movido en torno al stand, “es preciso valorar muy satisfactoriamente los contactos y reuniones de trabajo mantenidas con visitantes profesionales, así como las charlas, que han estado muy bien organizados”.

En esta misma línea, Philippe Roulet (DMP), que asistía como empresa vendedora, aprecia la feria como una buena ocasión para encontrarse con la mayoría de sus proveedores “en un corto espacio de tiempo y sin viajar” y establecer una agenda de entrevistas empresariales programadas, “si bien el factor tiempo no ha permitido mantener todas las entrevistas programadas con contratistas”. A pesar de este rendimiento menor al esperado, cataloga como práctico al evento por la organización de las citas, la ayuda recibida y los contactos establecidos con empresas.

COMERCIAL

SATEC

SOCIEDAD LIMITADA

EXCELENCIA EN TRATAMIENTO TÉRMICO

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

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

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

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

Fabricamos desde 1975

tecnopiro.com

Temple
Revenido
Recocido
Soldadura
Sinterizado

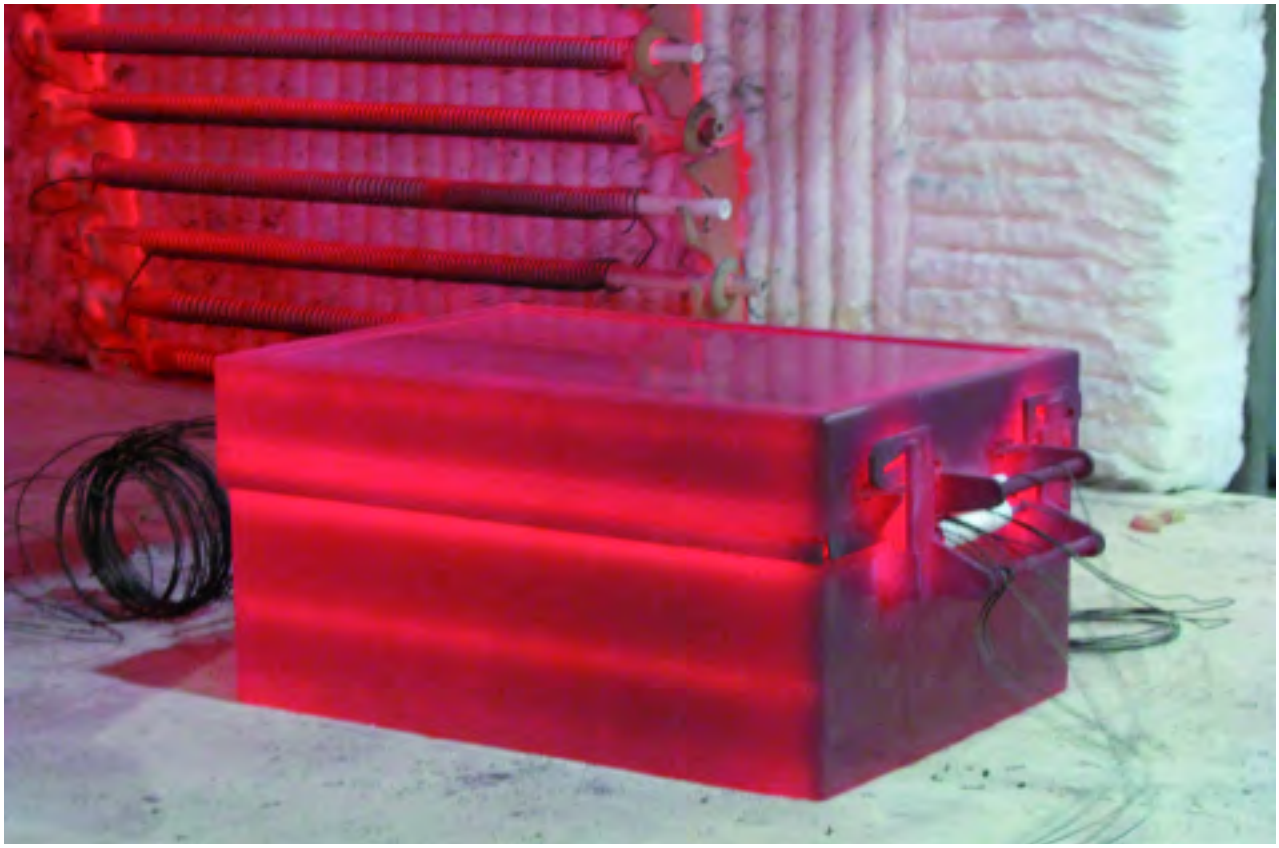
tecno piro®

HORNOS DEL VALLES, S.A.
C/. De la Mancomunidad, 1 y 3
08290 CERDANYOLA DEL VALLÈS (Barcelona) ESPAÑA
Tel. 936 926 612 - Fax 935 800 827
hdv@tecnopiro.com - www.tecnopiro.com

Phoenix con el tratamiento térmico

Por Dave Plester. Director, Phoenix™ Ltd.

Phoenix™ es especialista en el diseño y fabricación de sistemas completos para la obtención de perfiles de temperatura en hornos de tratamiento térmico, de procesos de acabado de superficies y hornos cerámicos. La obtención de perfiles de temperatura es una práctica común en muchos procesos de tratamiento de metales y se consigue situando termopares en los puntos críticos del producto, conectándolos a un registrador. Si este registrador se protege con una barrera térmica, el sistema completo puede atravesar el horno junto con el producto. De esta forma se registran y almacenan las temperaturas reales del producto para su análisis.



Sistema PhoenixTM saliendo del horno.

Un área de gran importancia para Phoenix™ es diseñar sistemas de obtención de perfiles de temperatura para monitorizar procesos o calibrar hornos de cementación, tanto en atmósfera controlada como a vacío. En procesos a vacío el producto es sometido a un prolongado periodo de calentamiento a vacío, mientras un gas de aporte de carbono como propano se hace pasar por el horno. Después de un tiempo especificado el producto es entonces templado en gas a alta presión usando nitrógeno o helio. En líneas de alta capacidad de producción, los productos son a menudo tranferidos entre la cámara de cementación y la de temple, lo que hace muy difícil monitorizar la temperatura del producto o del ambiente con termopares largos. El sistema Phoenix™ es capaz de viajar con el producto y soportar las duras condiciones de estos procesos, lo que lo hace ideal para monitorizarlos.

Otros Tratamientos Térmicos a menudo monitorizados mediante estos equipos incluyen revenidos, homogeneización de tubos de acero, recocidos de laminación para motores eléctricos y recocido brillante de bobinas de acero.

El diseño de los equipos de monitorización, desde los termopares a la barrera térmica, es crítico ya que el equipo debe mantener un alto grado de precisión mientras que soporta condiciones extremas de temperatura, ambiente y presión. Con más de 60 años de experiencia combinada en estos equipos, el personal de Phoenix™ tiene un conocimiento profundo de todos los aspectos del diseño de equipos para estas industrias, y aún más importante un gran conocimiento de los procesos en los que se usarán los equipos.

El director de ventas Michael Taake, conocido en el mundo de los Tratamientos Térmicos en Europa dice que 'Phoenix™ ha evolucionado para llevar innovación, calidad y simplicidad al proceso de obtención de perfiles de temperatura y los clientes pueden estar seguros de que los equipos suministrados cuentan con el aval de la experiencia en el diseño, se fabrican de aceurdo a los más altos estándares de calidad y son fáciles de usar.'

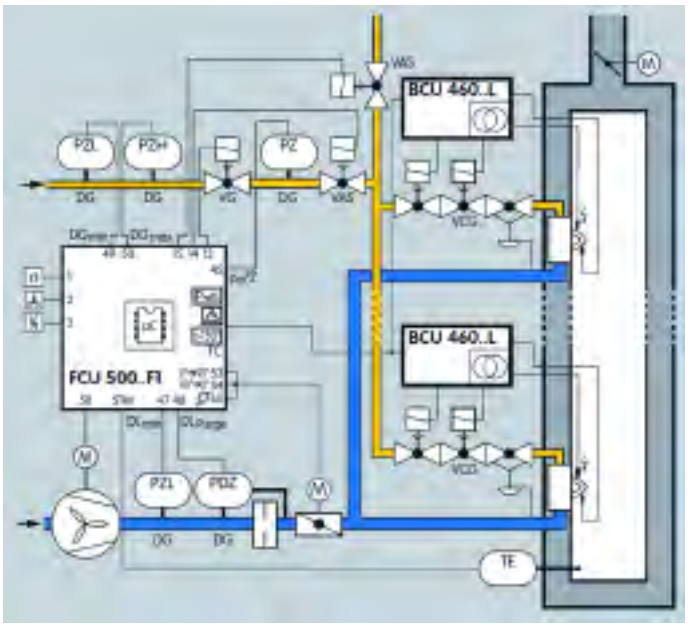
Phoenix Temperature Measurement (Phoenix™) tiene su sede en Ely, Cambridgeshire (Reino Unido) y Bad Oeynhausen (Alemania). El representante en España y Portugal es Grupo Eucon, Madrid.

Nuevo control de horno FCU500 según EN 746-2:2010 y SIL/PL

Por David Agustí Montins

A finales de 2010, se presentó la nueva versión de la normativa UNE EN 746-2:2010 para equipos de tratamiento térmico industrial. En esta nueva edición, se han introducido una serie cambios en los requisitos de seguridad para equipos eléctricos y electrónicos de sistemas de mando y protección. Con el fin de facilitar el cumplimiento de esta normativa, Kromschroeder lanza al mercado el FCU500.

Con la nueva unidad de control de seguridades de horno FCU500, Kromschroeder ofrece un dispositivo versátil que implementa los actuales estándares de seguridad. Esta unidad permite funciones esenciales del sistema central de seguridades según UNE-EN 746-2:2010 para ser implementado en aplicaciones de múltiples quemadores.



Gracias a la conjunción con sensores y actuadores adecuados como éstos, el módulo FCU cumple también con las normas EN 298, EN 62061 hasta SIL 3 y EN ISO13849 según nivel PL e.

La nueva unidad de control, monitorea varias condiciones de seguridad como presión de gas mínima y máxima, presión de aire y se encarga de controlar las pre-purgas del sistema. Al mismo tiempo, un test de estanqueidad, controla las válvulas principales asegurando la estanqueidad de las mismas durante el arranque.

Un algoritmo especial permite ahorros de tiempo en caso de volúmenes de test elevados. Opcionalmente, se puede tener también control de exceso de temperatura mediante sensor de temperatura con conexión directa.

Las funciones combinadas en el FCU500, pueden ser adaptadas de forma muy precisa gracias a la parametrización que este dispositivo permite vía PC y cable opto-acoplado. Además, una pantalla externa opcional permite el control de la unidad, directamente en la puerta del armario de control.

El lanzamiento oficial de este versátil componente es para finales de 2011 e incorporará en breve, varios módulos ampliables como el de comunicaciones vía Ethernet.

SYSTEM 4

LA MEJOR GAMA DISPONIBLE DE TERMÓMETROS DE ALTA PRECISIÓN

Los termómetros de la gama del Sistema 4 de Land proporcionan exactitud y flexibilidad dentro del rango de 0 a 2600º C para satisfacer las necesidades exactas de su proceso.

- Termómetros de alta y baja temperatura con y sin fibra óptica.
- Procesadores LANDMARK digitales o analógicos; simples o multicanal.

- Salidas industriales 4/20 mA, profibus y RS232
- Amplio rango de accesorios de montaje.
- Termómetros y procesadores completamente intercambiables.
- Exactos, fiables, medida sin deriva.

LAND
An AMETEK Company

SOLUCIONES DE MEDIDA DE TEMPERATURA SIN CONTACTO

Land Instruments Internacional O.R. • 28290 Las Matas • Madrid • Spain • land-infrared@landinst.es • www.landinst.es • Tell.: +34 91 630 07 91 • Fax: +34 91 630 29 18

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

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS
GmbH & Co. KG

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

"Claves de innovación en la Industria de Forja"

Por Instituto de Fundición TABIRA

La jornada técnica "Claves de innovación en la Industria de Forja", ha reunido a un total de 57 profesionales provenientes de 24 empresas, universidades y entes públicos, en las instalaciones del Centro de Investigación Metalúrgica Azterlan, durante la sesión celebrada el pasado 30 de noviembre de 2011.

Un total de 57 técnicos de forja han tomado parte en la jornada.

El evento se ha centrado en el conocimiento metalúrgico de los aceros forjados y se han desarrollado conceptos avanzados sobre deformación en estado sólido, con un análisis detallado de varios de los defectos más característicos en pieza. Se ha mostrado especial interés en las posibilidades de aprovechamiento del calor de forja en la transformación de aceros microaleados. Del mismo modo, al comienzo de la Jornada se ha presentado un análisis de la situación actual de la industria de forja a nivel internacional.

Debemos destacar, la relevancia de los ponentes y especialistas técnicos que han tomado parte en la jornada, pertenecientes al pre-clúster de Forja SIFE, SIDENOR, y al Centro de Investigación Metalúrgica AZTERLAN, que a través de las distintas intervenciones han compartido con los asistentes algunas de las claves de la tecnología de forja.

A continuación se describen de forma resumida los contenidos de la jornada:

La introducción del acto ha corrido a cargo del presidente de la Mancomunidad de la Merindad del Duranguesado, Oskar Zarrabeitia, quien ha explicado a los presentes las características del proyecto Polo de Competitividad. En el discurso inaugural, el Sr. Zarrabeitia ha invitado a las empresas a participar en un foro permanente de Forja, donde sus integrantes intercambiarían información, no-

Sr. Oskar Zarrabeitia. Presidente de la MANCOMUNIDAD de la MERINDAD de DURANGO.

vedades tecnológicas y experiencias, que actuarían como elementos diferenciales y fundamentales en la mejorara continúa de las compañías.

La siguiente intervención ha corrido a cargo del Sr. Juan Carlos González, Director General del pre-clúster de Forja SIFE quien ha desgranado la situación actual de la Industria mundial de Forja y ha compartido un análisis de las tendencias del mercado.

Tras la presentación de la distribución mundial de la producción de forja y los datos referidos a la forja por estampación en Europa y España, se ha discutido sobre el perfil de la forja en Europa y las últimas tendencias y factores de costo.

El Sr. González, ha asegurado que la producción se estabilizará en España y en Europa y que la automoción (principal cliente actual, con el 72 por ciento de la cartera de pedidos), requerirá a los forjadores un aumento de las exigencias tecnológicas y de la calidad de pieza. Estas nuevas demandas apremiarán un aumento en la inversión tecnológica, en un sector donde el incremento del precio de la chatarra, del gas y de la electricidad, son los condicionantes principales de su rentabilidad.

Sr. Juan Carlos González. Director General de SIFE (pre-clúster de Forja).

La ponencia del Ingeniero de materiales y antiguo responsable técnico de la planta de SIDENOR Reinosa, el Sr. Kike García, ha versado sobre las oportunidades de aprovechamiento del calor que ofrecen los aceros microaleados, con la consiguiente reducción de tratamientos térmicos posteriores en pieza. El técnico especialista, que cuenta con una

ACEITES MINERALES, SINTÉTICOS Y POLÍMEROS DE TEMPLE E INHIBIDORES DE CORROSIÓN. AGENTES LIMPIADORES Y DESENGRASANTES.

FLUIDOS DE TEMPLE DE ALTO RENDIMIENTO

• Aplicación a una gran variedad de calidades de aceros y dimensiones y geometrías de piezas.

• Baja viscosidad y por tanto mínimo arrastre/consumo.

• Fácil lavado en la mayoría de los casos sin necesidad de agentes limpiadores.

• Alta resistencia al estrés térmico y oxidación.

• Vida de servicio ilimitada sin necesidad de llenados periódicos ni restaurar aditivos.

• Eficiencia económica inmejorable.

• Control de calidad de su aceite en nuestros modernos laboratorios.

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

QUENCHING TECHNOLOGY
BURGDORF GMBH & Co. KG
Tecnología de Temple
Postfach 100712. D-70006 STUTTGART
Telefon ++49 711 257780
Telefax 2577840
Email: mail@burgdorf-kg.de
www.burgdorf-kg.de

dilatada experiencia en el mundo de los aceros, ha presentado, a lo largo de su presentación los conceptos metalúrgicos básicos que hay detrás de la transformación en caliente y las variaciones de estructura granular que experimentan los aceros a lo largo del proceso de forja, donde la distorsión, la recristalización y el crecimiento del grano, son elementos determinantes de cara a optimizar las propiedades finales en pieza.

En su exposición, ha incidido en la idea de que "una alternativa para la reducción de los costes de producción, consiste en aprovechar la estructura obtenida tras el conformado en caliente, mediante un proceso termomecánico controlado; entendido desde la adaptación de la composición química, especialmente en lo referente a la microaleación, hasta el control de las temperaturas de calentamiento y de proceso de estampación, y el enfriamiento acelerado".

Tanto en aceros estructurales como en aceros para temple y revenido, el único medio de mejorar simultáneamente resistencia y tenacidad es el afino del tamaño de grano. Es en este punto donde incide directamente el proceso termomecánico controlado.

Sr. Kike García. Ingeniero de Materiales.

La responsable de Aceros, Marta González, y el director de Tecnología de Azterlan, Julián Izaga, han sido los encargados de clausurar la jornada técnica con la ponencia centrada en el "Análisis de los defectos de los aceros forjados".

Tras una breve introducción a los aceros microaleados y a los diferentes mecanismos de endurecimiento (prestando especial atención a los de endurecimiento por precipitación), se han dado a conocer varios defectos habituales en forja, entre los que se destacan las inclusiones exógenas y endógenas, las grietas de hidrógeno y las tensiones internas; asociadas a defectos de transformación.

La presencia de determinados contenidos de H, unida a otros factores, da lugar a la formación retardada de defectos internos en forma de fisuras, que son detectables por técnicas de ultrasonidos. Dichas fisuras se desarrollan después de un tiempo de incubación a bajas temperaturas inferiores a 200-300°C y en una observación transversal, se presentan como grietas o fisuras internas muy finas, sin orientación definida.

En una sección de rotura se presentan en forma de manchas o áreas brillantes de forma redondeada, con diámetros que oscilan entre décimas de milímetro hasta centímetros. Al aumentar el contenido de H el número y tamaño de los copos aumentará y cuando los copos están asociados a venas segregadas pueden formar grietas de gran tamaño. El efecto nocivo del H también esta relacionado con la microestructura, estructuras tenaces que son capaces de soportar contenidos de H más elevadas sin producirse roturas.

En la parte final, se han desglosado los efectos asociados a las tensiones internas: de carga, de transformación y térmicas. La presencia de dichas tensiones tiene gran importancia, ya que suponen multitud de riesgos que pueden conllevar la deformación, e incluso la rotura de las piezas.

Sra. Marta González y Sr. Julián Izaga. AZTERLAN.

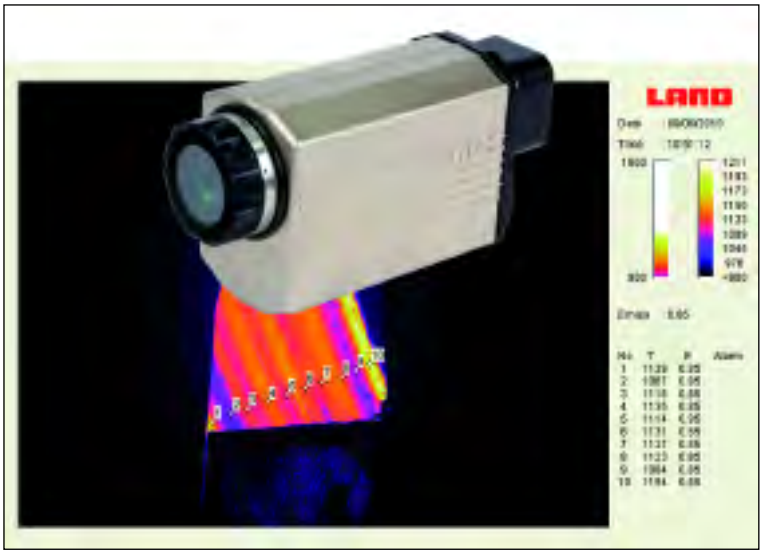
El intercambio de experiencias y las múltiples reflexiones planteadas, así como la visión práctica a través de casos concretos, junto con la destacada participación de las empresas, han sido algunas de las claves del éxito de la jornada.

Transmitir un especial agradecimiento a los técnicos y especialistas del pre-clúster de Forja SIFE y del Centro de Investigación Metalúrgico AZTERLAN, que con el apoyo del POLO de COMPETITIVIDAD para la Comarca de Durangaldea, han hecho posible la materialización de este interesantísimo marco de trabajo.

Termografía y medida de temperatura

Por Land Instruments International

La nueva cámara FTI-E 1000 es ideal para aplicaciones de alta temperatura, ya que trabaja en una longitud de onda de 1 µm, y combina la alta resolución de imágenes térmicas con una medida precisa de la temperatura desde 600 hasta 3.000 °C con una gama de 4 modelos.



La cámara FTI-E 1000 es una solución instantánea para aplicaciones de alta temperatura, donde se efectúa la medición de objetivos muy pequeños o en movimiento.

El detector de alta resolución junto con una óptica de precisión, permite visualizar objetivos tan pequeños como 0,013 mm cuadrados, y con el software de procesamiento de imágenes LIPS los problemas de alineación, simplemente desaparecen.

Con una longitud de onda de 1 µm y la compatibilidad de la cámara FTI-E 1000 con los accesorios de montaje del Sistema 4, LAND ofrece una solución de imágenes térmicas para aplicaciones donde tradicionalmente se han utilizado pirómetros puntuales de longitud de onda corta.

Otras ventajas importantes de la cámara son: una alta precisión de medida de temperatura para optimizar el control de procesos; instalación simple y de fácil uso, 2 años de garantía y no requiere certificados de exportación, lo que permite un suministro rápido y sin complicaciones.

Además dispone de lentes de enfoque corto opcionales para garantizar que la cámara coincide exactamente con su aplicación.

El software LIPS NIR permite capturar imágenes térmicas y vídeo en tiempo real, además de ciertas funciones como: adquisición temporizada, gama de medidas de temperatura (puntual, rectángulo, polígono, isoterma, histogramas), paletas de colores y funciones de alarma.

La nueva FTI-E 1000 está diseñada para aplicaciones tales como, Colada Continua, Calderas, Hornos, Soldadura de Tubos, Hornos de Vidrio, Metal Líquido, Procesos de Revestimiento, Trenes de Laminación, etc.

Estudio de procesos de nitruración en sales y nitrocarburación gaseosa de herramientas de trabajo en frío

Por J. Fernández[1], R. Martínez[1], R. Bueno[1], A. Estáun[2] y J. M. Irañeta[2]

[1] Centro de Ingeniería Avanzada de Superficies (AIN).
[2] Industrias Laneko S.L.

RESUMEN

El presente trabajo se centra en el estudio comparativo de dos técnicas de nitruración utilizadas para el tratamiento de herramientas de roscado. Las herramientas tratadas son rodillos de laminación empleados para el roscado en frío de tornillos de acero al boro (32CrB4). El material de fabricación de estos útiles es acero comercial K360, extensamente utilizado en la industria para procesos de conformado. En esta aplicación, el problema a resolver consiste en conseguir un útil de alta dureza pero que no comprometa la tenacidad de la herramienta, condiciones necesarias para el laminado de los tornillos de acero al boro, que alcanzan una dureza de 380 HV. Para conseguir esto se han estudiado tratamientos termoquímicos con los que dotar de suficiente dureza a los dientes del rodillo pero sin comprometer su tenacidad, ya que esto supondría la rotura frágil de la zona de trabajo de la herramienta. Los tratamientos aplicados consistieron en un proceso de nitruración en baño de sales a baja temperatura y una nitrocarburación gaseosa. La evaluación de ambos procesos se hizo a través de medidas de rugosidad, perfiles de dureza y ultramicrodureza superficial y el estudio de su microestructura. En ella se ha visto que aunque el proceso de nitrocarburación gaseosa es más efectivo para conseguir una mayor dureza y difusión de los nitruros, ofrece inconvenientes relacionados con la fragilidad de la microestructura a la que da lugar, por lo que para esta aplicación parece más adecuado el tratamiento en sales a baja temperatura.

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de roscado por laminación rotativa de aceros de alta resistencia ofrecen múltiples problemas relacionados con la tenacidad de los utillajes, ya que es necesario encontrar un compromiso entre una elevada dureza y una gran tenacidad. En el caso que ocupa este trabajo, las herramientas son rodillos de roscado fabricados en acero K360, material de uso habitual en la industria en procesos de conformado en frío, mientras que los tornillos a conformar son de acero al boro 32CrB4, material con una dureza de 380 HV y de grandes dimensiones (hasta 1 m de longitud). Con el objetivo de aumentar la vida útil de las herramientas de conformado, se ha procedido al estudio de 2 métodos de tratamiento superficial, una nitruración en baño de sales en condiciones suaves y una nitrocarburación gaseosa [1-5]. Su objetivo es dotar a la herramienta de una alta dureza y resistencia en superficie, es decir en los dientes del rodillo que constituyen la zona de trabajo, sin que se vea afectada su tenacidad. Los tratamientos aplicados consistieron en un proceso de nitruración en baño de sales a 510 °C durante 35 minutos y una nitrocarburación gaseosa realizada en dos etapas, la primera en una atmósfera de NH3 durante 5 horas y después en una mezcla de NH3 y CH4 durante 1 hora más, todo ello a 565 °C. Se introdujeron en cada proceso probetas control para realizar la caracterización completa de los procesos, a partir de la cual decidir la conveniencia de uno y otro proceso para aplicarlos en las herramientas.

Tabla I. Composición química del acero K360.

Análisis químico (%)						
C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Fe
1.25	0.90	0.35	8.75	2.70	1.18	Bal.

2. PROCESO EXPERIMENTAL

2.1 Materiales y procesos termoquímicos de nitruración

El material en que están fabricados los rodillos de roscado es acero comercial K360 con una dureza de 61.8 HRc, del que se han fabricado también probetas planas de dimensiones 40 x 40 mm, con el fin de introducirlas en las cámaras de nitruración de forma simultánea con los rodillos. La composición química del material se indica en la Tabla I.

El primero de los tratamientos consistió en una nitruración en baño de sales realizado en unas condiciones suaves, empleando una baja temperatura (510 °C) y tan sólo 35 minutos de tratamiento. El objetivo de este tratamiento es conseguir unas condiciones en las que no haya la más mínima afectación del sustrato y conseguir, al menos de una forma tenue, una ligera mejora en las propiedades superficiales del útil, principalmente en lo que a dureza se refiere.

El otro tratamiento aplicado a los rodillos de laminación consistió en un proceso de nitrocarburación gaseosa en 2 etapas. En la primera de ellas, las muestras se introdujeron en una atmósfera de NH3 durante 5 horas a 565 °C y en la segunda fase en una mezcla de NH3 y CH4 durante 1 hora más y a la misma temperatura. En este caso el objetivo perseguido era un gran endurecimiento de los dientes mediante la formación de una gran capa de difusión de nitruros y carburos, viendo si la alta temperatura y tiempo del proceso perjudicaban las propiedades del material de la herramienta.

2.2 Caracterización

Para la caracterización de las muestras se han utilizado distintas técnicas y equipos de medida. La rugosidad ha sido evaluada mediante un perfilómetro interferométrico Wyco RST 500, capaz de obtener imágenes topográficas 3D de la superficie, además del cálculo de múltiples parámetros de rugosidad mediante el modo de trabajo VSI (vertical scanning interferometry). Los tests de ultramicrodureza para la obtención de dureza universal (HU) se han llevado a cabo con la ayuda de un equipo Fisherscope H100XY VP que cuenta con un indentador tipo Vickers. De este modo se han obtenido los datos de dureza en superficie mediante el empleo de una carga de 750 mN. Para obtener el perfil de dureza en superficie de la capa de nitruración hasta el núcleo, se ha utilizado un Microdurómetro Buehler Micromet 2103 equipado con una punta Vickers. Se han realizado barridos de dureza en la sección transversal utilizando una carga de 100 g. Asimismo se ha utilizado un durómetro Instron Testor 930-250 para las medidas de dureza Rockwell C que verifiquen el estado del material y si los tratamientos termoquímicos han alterado el tratamiento térmico del acero K360.

La caracterización de las probetas nitruradas se ha completado con un estudio metalográfico de las muestras para la evaluación de las microestructuras a que han dado lugar. Como reactivo para el revelado se ha utilizado Nital al 4% y para la observación se utilizó un microscopio metalográfico Nikon Epiphot con unos aumentos máximos de 1.000x y equipado con analizador de imagen y cámara fotográfica. [6]

Se han contrastado los datos de la caracterización de ambos procesos de nitruración comparándolos también con el material sin tratar, que será la referencia en cuanto a parámetros de rugosidad y dureza.

3. RESULTADOS

3.1 Rugosidad

La rugosidad es uno de los principales parámetros que deben ser controlados en la herramienta, ya que un valor muy alto de la misma podría tener consecuencias perjudiciales en el rodillo, produciéndose el desgranado de partes de los dientes y pequeñas fracturas en la superficie. En cambio, valores muy bajos de rugosidad tampoco son recomendables, ya que de ese modo la herramienta no engancha adecuadamente el tornillo y éste se desliza por la herramienta sin que el rodillo pueda conformar los surcos de la rosca.

Los parámetros de rugosidad se recogen en la Tabla II. En ella se observa que el proceso de nitrocar-

	Ra (nm)	Rq (nm)	Rz (µm)	Rt (µm)
Nitrocarburación Gaseosa	552 ± 72	679 ± 98	4.27 ± 1.22	5.20 ± 1.74
Nitruración en Sales	611 ± 93	755 ± 105	5.18 ± 0.81	6.91 ± 1.70
K360 Referencia	559 ± 5	667 ± 7	4.00 ± 0.43	4.48 ± 0.75

Tabla II. Parámetros de rugosidad de la muestra de acero K360 de referencia y de las muestras sometidas a nitrocarburación gaseosa y nitruración en baño de sales.

buración gaseosa apenas altera la rugosidad de la muestra tratada, manteniéndose unos valores de rugosidad media en torno a 550 nm, mientras que la nitruración en baño de sales aumenta ligeramente este valor hasta alrededor de 610 nm.

3.2 Medidas de dureza

En primer lugar se comprobó si los tratamientos termoquímicos efectuados tuvieron influencia en el estado térmico del acero. Para ello se realizaron medidas de dureza Rockwell C. La muestra de K360 de referencia presentó un valor de 61.8 HRc, mientras que las suaves condiciones de la nitruración en baño de sales no han tenido influencia que deba ser tenida en cuenta, ya que la dureza medida ha sido de 61.5. HRc. Sin embargo, el proceso en gases, realizado a una temperatura de 565 °C, sí ha producido un leve revenido del material, reduciendo en un punto HRc la dureza del núcleo, hasta los 60.8 HRc.

Para continuar con la caracterización superficial de la dureza, se han realizado medidas tanto indentando en la superficie (medidas de dureza universal a 750 mN de carga final) para ver la evolución de los perfiles superficiales (Figura 1), como barridos de microdureza Vickers en la sección transversal de las muestras. Los datos de dureza medidos en los barridos se recogen en las Tablas III y IV, y los perfiles a nivel superficial pueden apreciarse en la Figura 2.

Como puede apreciarse en el proceso de nitruración en sales, la dureza máxima medida es de 890 HV, extendiéndose la capa de difusión hasta apenas 30 µm, distancia a la que la dureza es ya menos de 50 unidades superior a la del núcleo. Sin embargo, en la nitrocarburación gaseosa el máximo de dureza sobrepasa holgadamente los 1100 HV y el perfil de dureza se extiende hasta más allá de las 110 µm.

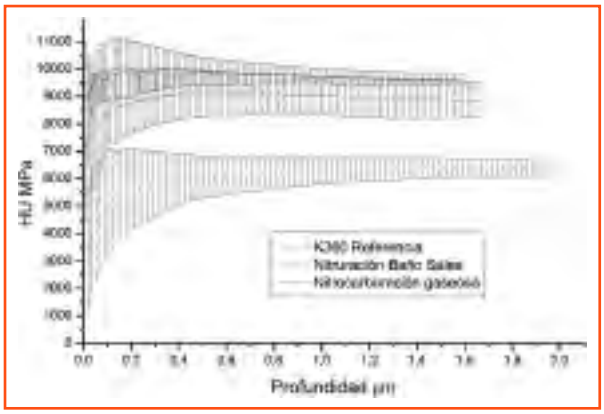


Figura 1. Perfiles de dureza universal para la muestra de referencia y las muestras tratadas.

Esto indica que el tratamiento termoquímico del proceso a mayor temperatura y con más tiempo, como obviamente era de esperar, ha sido mucho más eficiente, aunque ha afectado de forma leve a la dureza del material base.

3.3 Estudio metalográfico

Para completar el estudio de caracterización se ha realizado el estudio metalográfico de las muestras, a través del que se han comprobado las estructu-

HV0.1	10 µm	20 µm	30 µm	40 µm	60 µm	90 µm	110 µm	120 µm	Bulk
N. Gas	1053 ± 47	1161 ± 24	1092 ± 19	1053 ± 43	1020 ± 38	777 ± 17	727 ± 11	693 ± 24	666 ± 18

Tabla III. Valores de microdureza en la sección transversal en la muestra sometida a nitrocarburación gaseosa.

HV0.1	15 µm	30 µm	40 µm	Bulk
Nitruración en baño de sales	890 ± 26	785 ± 15	758 ± 13	723 ± 17

Tabla IV. Valores de microdureza en la sección transversal en la muestra nitrurada en baño de sales.

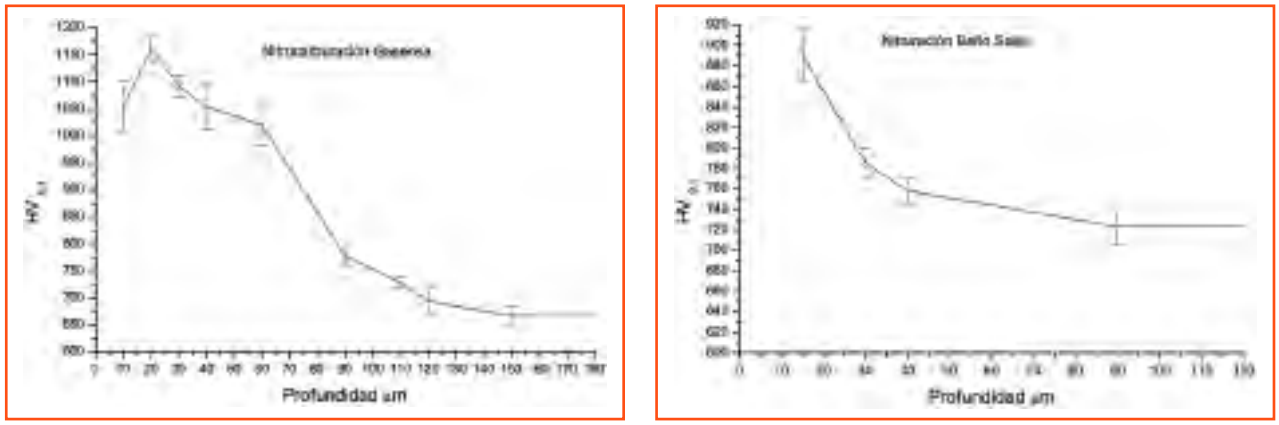


Figura 2. a) Perfil de dureza en la nitrocarburación gaseosa (izda). b) Perfil de dureza en la nitruración en sales (dcha.).

ras formadas en cada caso. Para la muestra nitrurada en baño de sales el revelado de la microestructura corrobora lo observado en los perfiles de dureza, apreciándose una capa de difusión que está en torno a las 30 Ìm (ver Figura 3). No hay indicios de formación de capa blanca ni formación de fases frágiles.

En cuanto a la probeta nitrocarburada, las micrografías certifican que existe una capa de difusión de más de 100 µm, sin embargo la observación al detalle da cuenta también de la existencia de una capa blanca de combinación poco homogénea en la superficie, cuyo espesor oscila entre las 2 y 5 µm (ver Figura 4).

También la presencia de fases frágiles de color blanco que no han sido atacadas por el Nital, correspondientes a una composición de nitruros de hierro en vez de nitruros de los aleantes propios del acero que forman la capa de difusión (principalmente Cr y Mo).

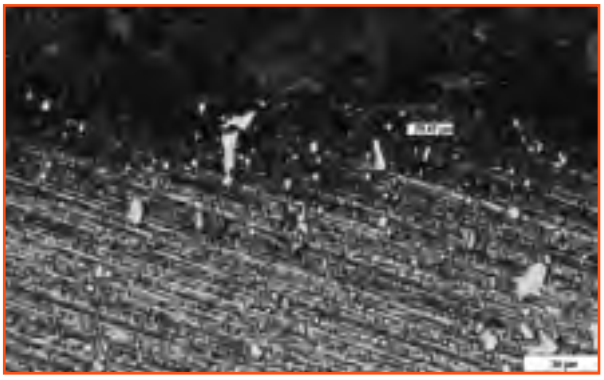


Figura 3. Micrografía de la sección transversal de la muestra nitrurada en baño de sales.

La capa combinación, cuya composición característica es g'-Fe_4N y e-$Fe_{2-3}N$ [7]. El papel de esta capa es siempre controvertido en cuanto a su beneficio o perjuicio dependiendo de la aplicación. En esta caso, sin embargo, se ha comprobado en las pruebas en servicio que tiene un efectivo perjudicial en el

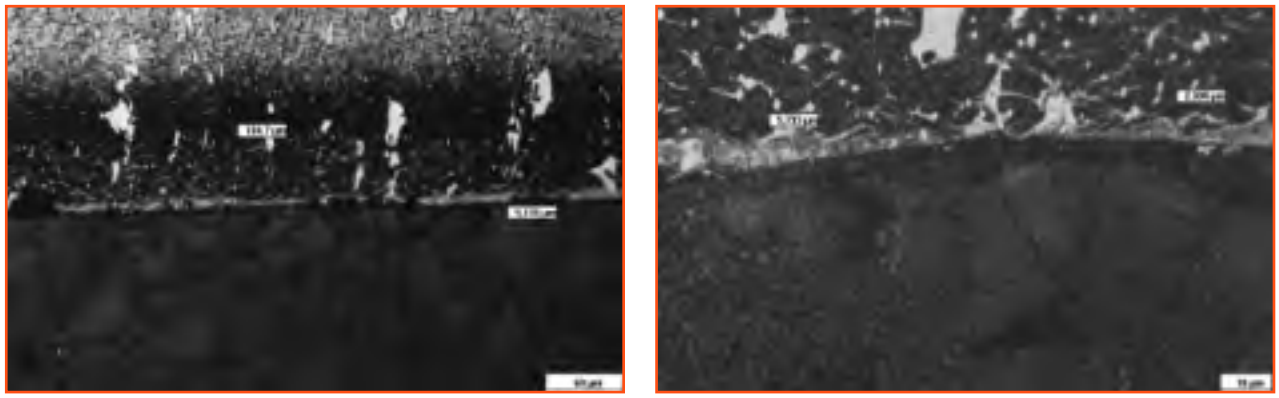


Figura 4. a) Micrografía de la sección transversal de la muestra nitrurada en baño de sales (izda.) b) Detalle de la capa blanca de combinación (dcha.).

comportamiento de la herramienta, ya que aunque esta capa es de muy alta dureza y exhibe también un excelente comportamiento al desgaste, su fragilidad hace que los dientes del rodillo se agrieten y sufran fracturas catastróficas, limitando considerablemente la vida útil de las herramientas.

Por eso, en esta aplicación en concreto se trata de evitar su formación, que se considera perniciosa para el útil.

4. CONCLUSIONES

Los dos procesos de nitruración llevados a cabo han ofrecido resultados notablemente diferenciados en cuanto a las propiedades obtenidas.

En el caso de la nitrocarburación gaseosa, la rugosidad superficial ha permanecido prácticamente inalterada, mientras que para la nitruración por sales, la rugosidad media de la superficie se ha incrementado en un 20 % respecto a la inicial, sin embargo no se espera que tenga una repercusión negativa en la aplicación.

Las diferencias más significativas se han observado en los perfiles de dureza y las estructuras formadas en ambos procesos.

A través de la nitrocarburación gaseosa se han alcanzado valores máximos de dureza en superficie de más de 1.100 HV y perfiles de difusión por encima de las 100 µm. La dureza en el núcleo está en 660 HV.

Mientras tanto, gracias a la nitruración en sales los perfiles se quedan en torno a las 30 µm de profundidad y llegan casi a los 900 HV de dureza máxima, descendiendo después hasta los 720 HV medidos en el núcleo.

Estructuralmente se ha observado que el proceso de nitrocarburación gaseosa realizado en este caso trae consigo el hándicap de la formación de una capa blanca de combinación y fases frágiles.

Éstas están formadas por distintas composiciones de nitruros de hierro de naturaleza dura pero extremadamente frágil, lo cual favorece la formación de grietas y fisuras, y en la aplicación de roscado por laminación da lugar a la rotura frágil de los dientes del rodillo, dañando de forma crítica la herramienta.

Por estos motivos y tras analizar todos los resultados de la caracterización se ha concluido que la nitruración en sales a baja temperatura supone una mejor opción, ya que no afecta a la dureza de partida del material base y no forma capa de combinación que vaya a afectar a la tenacidad de los dientes en los rodillos.

A pesar de que la dureza máxima obtenida es menor que en el caso de la nitrocarburación y también el perfil es menos profundo, se considera que una dureza en superficie de 900 HV y un gradiente suave de dureza proporciona unas condiciones adecuadas para el tratamiento de rodillos de laminación.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer su colaboración a todos miembros del consorcio de empresas y centros de investigación participantes en el proyecto CENIT – FORMA0, financiado con fondos del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a través de CDTI, enmarcado en el plan Ingenio 2010.

6. REFERENCIAS

[1] Degarmo, E. Paul; Black, J T.; Kohser, Ronald A. (2003), Materials and Processes in Manufacturing (9th ed.), Wiley.

[2] Zagonel, L; Figueroa, C; Droppajr, R; Alvarez, F (2006). "Influence of the process temperature on the steel microstructure and hardening in pulsed plasma nitriding". Surface and Coatings Technology 201, 452.

[3] D.Q. Peng, T.H. Kim, J.H. Chung, J.K. Park, Development of nitride-layer of AISI 304 austenitic stainless steel during high-temperature ammonia gas nitriding, Applied Surface Science, 256, (2010), 7522-7529.

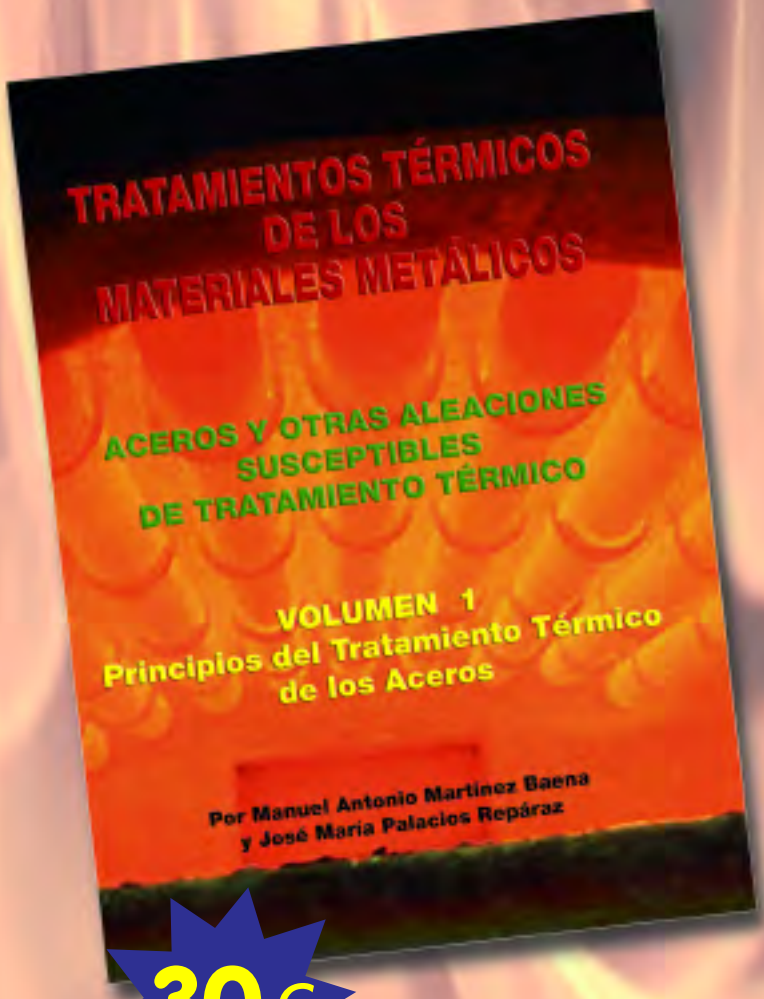
[4] Tae-Ho Lee, Chang-Seok Oh, Min-Ku Lee, Sang-Won Han, Nitride precipitation in salt-bath nitride interstitial-free steel, Materials Characterization, 61, (2010), 975-981.

[5] E. V. Pereloma, A. W. Conn, R. W. Reynoldson, Comparison of ferritic nitrocarburising technologies, Surface and Coatings Technology, 145 (2001), 44-50.

[6] Jianqun Yang, Yong Liu, Zhuyu Ye, Dezhuang Yang, Shiyu He, Microstructural and tribological characterization of plasma- and gas-nitrided 2Cr13 steel in vacuum, Materials & Design, In Press, Corrected Proof, Available online 20 July 2010.

[7] P. Corengia, M. G. Traverso, D. García Alonso-García, D. A. Egidi, G. Ybarra, C. Moina y A. Cabo, Nitruración por Plasma DC-Pulsado de un Acero AISI 4140: Microestructura y Topografía, Revista Matéria, v. 9, n. 2, pp. 111 – 117, 2004.

Ponencia presentada en el XII Congreso Tratermat (Octubre 2010). Publicada con la autorización expresa de la Dirección del Congreso y los autores.



30 € 206 páginas

316 páginas **40 €**

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

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

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

El segundo volumen describe, de una manera práctica, clara, concisa y amena el estado del arte en todo lo que concierne a los aceros finos de construcción mecánica y a los aceros inoxidables, su utilización y sus tratamientos térmicos. Tanto los que han de utilizar como los que han de tratar estos grupos de aceros, encontrarán en este segundo volumen los conocimientos básicos y necesarios para acertar en la elección del acero y el tratamiento térmico más adecuados a sus fines. También es recomendable para aquéllos que, sin participar en los procesos industriales, están interesados de un modo general, en el conocimiento de los aceros finos y su tratamiento térmico.

El segundo volumen está dividido en dos partes. En la primera que consta de 9 capítulos se examinan los aceros de construcción al carbono y aleados, los aceros de cementación y nitruración, los aceros para muelles, los de fácil maquinabilidad y de maquinabilidad mejorada, los microaleados, los aceros para deformación y extrusión en frío y los aceros para rodamientos. Los tres capítulos de la segunda parte están dedicados a los aceros inoxidables, haciendo hincapié en su comportamiento frente a la corrosión, y a los aceros maraging.

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

Aspectos de calidad en aceites de temple

Por Dipl. Ing. Rainer Braun / BURGDORF GmbH & Co. KG

Resumen

Basado en la norma EN10052:2004, el temple es un paso del proceso del tratamiento térmico, en el que la pieza o material caliente austenizado, se enfría a una velocidad superior a la que es obtenida por el aire en reposo. Esta definición significa que se pueden emplear una gran variedad de medios líquidos, semilíquidos y gaseosos, para conseguir el temple, como son agua, soluciones salinas, soluciones de polímeros acuosos, aceites de temple, lechos fluidizos, baños de sales, gases presurizados, p.ej. nitrógeno, hidrógeno y helio.

Mediante el enfriamiento rápido, no sólo se controlan la microestructura final, la dureza, la resistencia y otras características mecánicas de la pieza tratada, sino que también están influenciados de manera importante los cambios dimensionales resultantes del tratamiento térmico.

Por lo tanto, la elección del medio de temple adecuado, así como su uso adecuado y mantenimiento, es fundamental para conseguir resultados óptimos y consistentes, con el mínimo coste, derivado de medidas como pueden ser el enderezamiento, o el mecanizado.

En la presentación se da una visión sobre los aspectos de calidad de los aceites de temple modernos, con particular énfasis en la correcta manipulación y monitorización, comprendiendo el proceso completo de temple. Finalmente, la presentación informará de los nuevos productos desarrollados para las últimas tecnologías.

Introducción

En los últimos años, los aspectos relativos a la calidad se han hecho cada vez más importantes en todos los campos tecnológicos. En el campo del tratamiento térmico de los componentes de acero, es necesario obtener la microestructura requerida y reducir los cambios dimensionales a un mínimo, con el fin de asegurar la producción y ahorrar costes.

Una vez que la pieza austenizada se va a templar, su historial de fabricación ya no se puede influenciar más, es decir, no hay forma de corregir errores hechos durante los pasos previos de producción como la fundición, forja, mecanizado, etc. No obstante, es muy importante elegir el medio de temple y la tecnología de temple, considerando los requerimientos de las piezas a fin de conseguir con seguridad las propiedades finales necesarias.

Para conseguir resultados de temple consistentes y óptimos se necesitan medios de temple de alto rendimiento y estables. En este informe se da una visión sobre los aceites modernos de temple, incluyendo algunas recomendaciones al respecto de su adecuada elección bajo aspectos de calidad, pero también de aplicación y monitorización de los llenados de aceite de temple.

Aceites de Temple – diferentes tipos para diferentes aplicaciones

Hay una gran variedad de medios de temple usados para el enfriamiento rápido de las piezas de

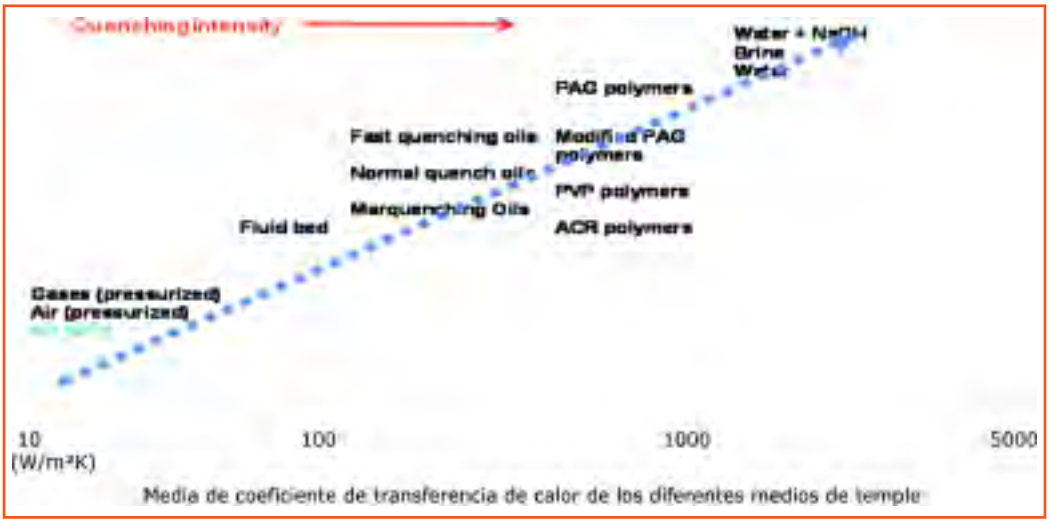


Fig. 1. Medios de temple usados para el endurecimiento de los aceros clasificados, según su intensidad de temple.

acero. En la Fig. 1 se muestran ordenados según su intensidad de temple. La mayor ventaja de los aceites de temple es el hecho de que sus índices de enfriamiento máximo se producen en el rango de temperatura entre 600 y 300 °C de media. Esto es lo óptimo para que en el endurecimiento del acero se consiga una microestructura martensítica y para prevenir la formación no deseada de ferrita, perlita y bainita. En el rango de temperaturas más bajo, los índices de enfriamiento son mucho más bajos, proporcionando el mínimo estrés y distorsión interna, lo cual supone otra ventaja importante.

Los aceites de temple pueden estar basados en aceites minerales, aceites sintéticos o semisintéticos pero también en aceites derivados de grasas, vegetales o animales. Los últimos tienen poca resistencia a la oxidación y al estrés térmico, y ya casi no se usan en las instalaciones modernas de tratamiento térmico.

Los aceites de temple sintético, basados principalmente en estéres sintéticos estabilizados, se usan preferentemente cuando se requiere una resistencia muy alta a la combustión y evaporación. Son muy caros. Por ello, su uso se restringe a "aplicaciones especiales", como el temple de cargas pesadas en tanques abiertos, a fin de prevenir llamas excesivas y humos. Por ejemplo: temple de grandes engranajes y ejes para la industria eólica en tanques abiertos u hornos de fosa.

Los aceites de temple más comunes son los minerales y semisintéticos. Su mayor ventaja es su gran versatilidad respecto de las diferentes calidades de aceros, y los tipos y dimensiones de los componentes a templar, así como la variedad de las instalaciones y procesos de tratamiento térmico, sin olvidar la casi ilimitada vida de los llenados de aceite.

El temple en aceite se caracteriza por su evaporación cuando entra en contacto con la superficie caliente de los componentes de acero. Las características de temple pueden verse fuertemente influenciadas mediante el empleo de diferentes aceites base y aditivos. Esto se muestra esquemáticamente en la Fig. 2. Como se puede ver, el proceso de temple se produce en 3 fases, comenzando con la fase vapor (enfriamiento lento), seguido de la fase de ebullición (máximo índice de enfriamiento), y la fase de convección (índices lentos de enfriamiento).

El rango de temperaturas de las 3 fases puede verse influenciado por el tipo de aceite, pero también por la geometría de las piezas.

Ejemplo: En piezas de engranajes el enfriamiento lento de la fase vapor puede resultar, en diferencias sustanciales, en la respuesta de dureza entre la cabeza y los flancos de los dientes (alta dureza) y la base de los dientes (baja dureza). Esto es debido al hecho de que en la base del diente la fase vapor dura más que en la cabeza y los lados.

Como consecuencia, no sólo la dureza no es uniforme, sino que se pueden dar distorsiones.

Eso es por lo que se recomienda no usar aceites normales de temple con una fase vapor larga, sino aceites de temple de alto rendimiento que ofrecen una alta resistencia a la evaporación y una fase vapor acortada con aditivos especiales.

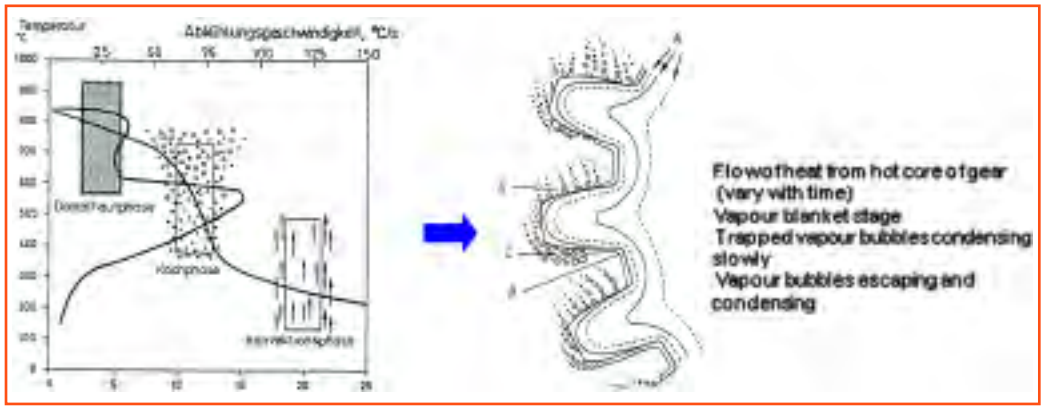


Fig. 2. Temple en 3 fases en aceite resultando del comportamiento de ebullición a) caracterísicas de temple, b) temple de dientes de engranaje (esquema) (van Bergen).

Cómo elegir el aceite de temple adecuado

Es importante elegir el aceite de temple basándose en las calidades del acero y en las piezas a templar.

Esto suena sencillo, pero puede ser difícil en el caso de empresas dedicadas al tratamiento térmico comercial, con cientos y cientos de diferentes piezas proporcionadas por los clientes. No sólo deben considerarse la geometría de la pieza, la capacidad de endurecimiento del acero y el diagrama CCT, sino también las propiedades mecánicas finales requeridas, sin olvidar la instalación de tratamiento térmico, el tipo de proceso y los parámetros utilizados.

En cualquier caso, se deben seguir siempre dos reglas:

1. No enfriar más rápido que lo necesario, para alcanzar la dureza/microestructura requerida. Esto minimizará la distorsión y evitará que las piezas templadas se agrieten.

2. Si quiere aún optimizar la microestructura de sus piezas y reducir la distorsión, pero no puede cambiar su medio de temple, intente que su proceso de temple sea lo más uniforme posible. A este respecto, la posición de las piezas en la carga, la agitación del tanque de temple y la distribución de la temperatura del aceite, son parámetros importantes.

Aceites de temple – aspectos de calidad

Lo más importante para obtener resultados consistentes en el temple es la estabilidad térmica del aceite de temple. Mientras, es posible obtener una vida prácticamente ilimitada para aplicaciones normales empleando aceites de temple de alto rendimiento, siempre que se proporcione un mantenimiento y uso adecuado. Ello significa que el comportamiento de temple y todas las demás características principales del aceite de temple se mantienen inalteradas, incluso después de años y décadas sin necesidad de restaurar aditivos o cambiar el llenado periódicamente.

Eso sólo se garantiza si se utilizan aceites base y aditivos de alta calidad en la formulación del aceite de temple. Ayudan a evitar el cambio, disminuyendo el rendimiento de temple durante el uso y resultando en una respuesta de endurecimiento no uniforme, distribución de la microestructura no deseada e incrementando la distorsión.

Una alta resistencia a la evaporación del aceite de temple ayuda a minimizar la cantidad de vapor generada durante el proceso de temple. En hornos integrales de carga y de empuje, ello asegura que la atmósfera del horno no se vea afectada. Además proporciona superficies brillantes y limpias de las piezas después del tratamiento, sin residuos oscuros. Finalmente, y no menos importante es que la alta resistencia a la evaporación en combinación con una baja viscosidad, proporciona un bajo consumo y por tanto reduce costes.

Otras características de los modernos aceites de temple de alto rendimiento son su facilidad de lavado y sus características de desemulsificación. Ambas pueden ser influenciadas por la elección adecuada de los aceites base y los aditivos. El objetivo principal en este contexto, es limpiar las piezas templadas en aceite en una lavadora de agua caliente o solución alcalina de forma sencilla, y eliminar el aceite de la solución de lavado simplemente mediante separación por gravedad. Esto

último no se podría hacer si se formara una emulsión estable.

Control / monitorización de los llenados de aceite

En la mayor parte de los casos, el tratamiento térmico se realiza sobre piezas que ya representan una considerable cantidad de dinero, dedicada en la fusión, forja, mecanización, etc. del acero. Eso es por lo que siempre ha sido importante proporcionar un proceso de alta calidad, no sólo después de la introducción de los nuevos procesos de gestión de calidad. Para obtener resultados consistentes, mediante el temple con aceite, ello significa que los llenados se deben controlar periódicamente durante el uso.

En lo que afecta a los modernos aceites de temple de alto rendimiento, los cambios debidos al uso son relativamente pequeños. Así que normalmente no es necesaria una investigación de laboratorio extensiva.

Sin embargo, el color y apariencia del aceite en el tanque de temple se debería controlar diariamente. Si no es oscuro y claro, sino turbio, marrón o espumoso, ello significa que se ha mezclado agua, que no sólo causa puntos blandos, alta distorsión, y a veces incluso grietas, pero también es peligroso puesto que puede causar fuego y espuma. Esto es por lo que se recomienda firmemente controlar cada nuevo llenado de aceite antes de usarlo, para verificar que está libre de agua y también los tanques o llenados existentes cuando no se han usado por un cierto periodo de tiempo.

Esto se puede hacer por el simple método del "test de craqueo" o por diferentes ensayos de laboratorio.

Una vez al año, se debería hacer un control exhaustivo del aceite en el laboratorio del suministrador del aceite de temple. Este ensayo debería incluir todos los datos relevantes, además de las características de temple. La Tabla 1 muestra los métodos de ensayo utilizados en el laboratorio de BURGDORF GmbH& Co. KG / STUTTGART. Basado en los resultados de los diferentes ensayos el cliente obtiene un informe resumido de los ensayos, con recomendaciones relativas a las medidas necesarias a tomar si es que las hay.

¿Cómo puede verse afectada la calidad y el rendimiento de los aceites de temple?

Los resultados del temple pueden ser pobres o verse afectados si la evaluación sobre el aceite de temple ha sido incorrecta para la aplicación en cuestión, pero también si se ha usado con una temperatura excesiva en el tanque de temple, no cubierto por la recomendación del fabricante, o si se ha contaminado durante el uso con agua u otra sustancia foránea o si se ha estropeado por los medios de extinción empleados en el caso de fuego del aceite.

Recomendaciones respecto del uso adecuado de los aceites de temple

Debajo se dan algunas recomendaciones para el uso a largo plazo de de los aceites de temple, que ayudan a obtener resultados consistentes durante años, incluso décadas:

1. Evitar la sobreexposición termal de los llenados de aceite:
   - El volumen de aceite debe ser suficientemente grande, p. ej: 8.000 a 10.000 litros por cada 1.000 Kg. brutos (carga respectiva de trabajo por cada hora).

Medida	Método	Proporciona información sobre
Densidad a 20°C	DIN 51 757 Diff. 4 DIN 51 757 Diff. 7	Origen del aceite base, mezcla, envejecimiento
Viscosidad a 40°C	DIN 51 562	Mezcla, contaminación, craqueo térmico
Flash point C.O.C.	DIN ISO 2592	Mezcla, contaminación, craqueo térmico
Fire point C.O.C.	DIN ISO 2592	Mezcla, contaminación, craqueo térmico
Contaminación	Test propio	Contaminación, envejecimiento
Spectro Infrarojo	DIN 51 451	Mezcla, contaminación, envejecimiento, descomposición de aditivos
Test Emulsión	Test propio	Propiedades emulsificación
Contenido Agua	DIN 51 777	Contaminación con agua
Caracteristica de Temple	ISO 9950	Envejecimiento, contaminación con agua, descomposición de aditivos

Tabla 1. Ensayos de Laboratorio en aceites de temple.

Fig. 3. Fuego en el aceite en empresas de tratamientos térmicos comerciales – principales causas (Fuente AWT).

- El nivel de aceite en el tanque de temple, el funcionamiento de la bomba y pala de agitación, así como el sistema de descenso, deben controlarse periódicamente.
- La temperatura del aceite de temple debe controlarse regularmente.
- La generación de calor específica de los elementos de calentamiento en el tanque de aceite no deberían exceder 1 W/cm^2 a fin de evitar sobrecalentamiento local.
- El cobre y el bronce no se recomiendan para los tubos de enfriamiento; actúan como catalizadores y provocarían una rápida y severa oxidación del aceite.
- El aumento de temperatura en el tanque durante el temple, no debería exceder los 20 a 25 °C. Si es necesario, se debería reducir la carga para obtener resultados uniformes.

2. No contaminar el llenado de aceite con sustancias foráneas:
   - No se debe permitir que entre agua, fluidos hidráulicos, metanol, amoniaco en el aceite de temple; incluso trazas de dichas sustancias pueden estropear todo el llenado y conduce a dramáticas consecuencias, como puntos blandos, distorsión, dietas y fuego del aceite.
   - No mezclar con otros aceites.
   - No cambiar de uno a otro aceite, restaurando pérdidas de los goteos con nuevo aceite introducido.
3. Los contaminantes atrapados, como óxido, cascarilla, etc. Deben ser retirados del llenado de aceite de forma periódica o continuadamente por filtración o separación por gravedad.
4. Asegúrese que no puede producirse fuego en el aceite.
   - Después de que se quema el aceite, el llenado de aceite en la mayoría de los casos es afectado severamente, por sobreexposición térmica y medios de extinción, de forma que debe se desechado y se debe hacer un nuevo llenado.
   - Si es posible, la extinción del fuego debería hacerse utilizando CO2 o N_2. El polvo de extinción o la espuma de extinción estropearía el aceite irreversiblemente en términos de cambio de propiedades de temple, manchando en color negro y envejeciendo rápido el aceite.

Conclusión

Las diferentes calidades de acero, las piezas y las instalaciones de tratamiento térmico, así como los diferentes procesos resultan en diferentes requerimientos en lo que respecta a la elección del aceite de temple óptimo y los parámetros de temple adecuados.

Esta es la razón por la que no existe un único aceite de temple mejor para todo. Pero es posible evaluar qué aceite de temple se adapta mejor para cierta aplicación.

Si esta evaluación se hace correctamente, ello tiene un impacto enorme en la obtención de resultados consistentes del tratamiento térmico y una sustancial reducción de la distorsión y de los costes de mecanizado.

El suministrador del aceite de temple, actuando preferentemente como suministrador del sistema y como consultor de todo el proceso de tratamiento térmico incluyendo el temple, la limpieza, las tecnologías de protección, protección contra la corrosión, etc., proporciona consejo en el manejo y aplicación adecuada, controles de calidad periódicos, y monitorización de los diferentes medios. Haciendo esto, ayuda a asegurar resultados óptimos y consistentes, con los menores costes posibles.

Ponencia presentada en el XII Congreso Tratermat (Octubre 2010). Publicada con la autorización expresa de la Dirección del Congreso y los autores.

MIDEST 2011

Contrastando con el entorno sombrío en el que nos encontramos, la cuadragésimo- primera edición de MIDEST, número uno mundial de los salones de subcontratación industrial que se celebró del 15 al 18 de noviembre presentó un índice de frecuentación claramente positivo respecto al año anterior. En efecto, el certamen recibió 1.724 expositores y 42.769 profesionales, una cifra que experimenta un crecimiento del 5,8% respecto a la edición 2010. Otra diferencia respecto al enfriamiento general y que supone en sí una respuesta a los interrogantes que se plantean sobre la resistencia de la industria francesa y europea, es el ambiente de negocios que flotó en el salón durante toda la semana, y que se concretó con contratos y pedidos firmados in-situ o potenciales a corto plazo.

MAINTENANCE EXPO, salón de todas las soluciones de mantenimiento que se celebraba conjuntamente, mantuvo su número de visitantes en torno a los 9.000 siendo visitantes propios o procedentes de MIDEST que se encontraron con unos cuarenta expositores.

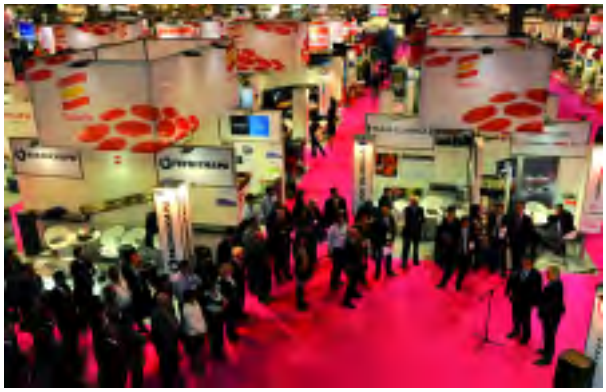
Muchos fueron los momentos relevantes, desde la inauguración de MIDEST por parte de Bernard Accoyer, Presidente de la Asamblea Nacional y S.E. el Embajador de Portugal en París, D. Francisco Seixas da Costa, acompañados por Jean-Claude Volot, Mediador de relaciones interprofesionales, a la visita, al día siguiente de Eric Besson, Ministro de Industria, pasando por las numerosas animaciones que marcaron el ritmo de estas cuatro jornadas.

Un número de expositores estable y de visitantes en aumento notable

MIDEST 2011 reunió 1.724 subcontratistas, empresas muy pequeñas y Pymes así como grandes líderes procedentes de 36 países y especializados en la transformación de metales, plásticos, cauchos, compositores y madera, electrónica y electricidad, microtécnicas, tratamientos de superficies, acabados, fijaciones industriales y servicios a la industria. Unas cifras estables respecto al año pasado pero que presentan variaciones notables en la oferta acorde con la evolución del mercado mundial de la subcontratación.

El número de visitantes, por su parte, experimenta un incremento importante del 5,8 % para alcanzar los 42.769 profesionales procedentes de 65 países, un aumento que también se registra en los visitantes extranjeros. Los expositores destacaron que gran número de contratistas acudían con proyectos concretos y que se firmaron numerosos negocios.

Para Jean-Claude Monier, Presidente de MIDEST, “el éxito cosechado por esta edición no tiene nada de extraño a pesar del contexto económico y financiero preocupante que todos conocemos”. En efecto, explica que “los subcontratistas en general y franceses en particular, han reaccionado activamente a la crisis en 2008 desarrollando simultáneamente cuatro grandes líneas de trabajo estrechamente relacionadas entre sí: la investigación en materia de innovación, el desarrollo de nuevos productos, la implantación en otros sectores y la búsqueda de mercados internacionales. A esto se añade la capacidad que han adquirido para gestionar los ciclos económicos y preservar sus bases: su plantilla cualificada y su herramienta de producción.



El éxito de esta edición refleja el éxito de una subcontratación a la vez dinámica, reactiva, sin complejos y que pasa (por desgracia) y casi por sistema, bajo la mirada de analistas cegados por la macroeconomía."

Como complemento, MAINTENANCE EXPO presentaba los productos y servicios de unos cuarenta expositores entre los que cabía destacar una amplia oferta en GMAO y en herramientas de ayuda al diagnóstico, con una superficie de exposición un 32% superior a la de 2010.

Entre los expositores, numerosos son aquellos que como Apave o Carl Software aprovecharon el salón para presentar en primicia sus últimas novedades. 3.000 profesionales se desplazaron expresamente para visitar el salón y otros 6.000 aprovecharon su visita a MIDEST para descubrir la oferta de mantenimiento esencial para su actividad.

¡Una edición a la que no le han faltado las animaciones!

MIDEST fue inaugurado el día 15 de noviembre por Bernard Accoyer, Presidente de la

Asamblea Nacional y por S.E. el Embajador de Portugal en París, D. Francisco Seixas da Costa. Estuvieron acompañados por Jean-Claude Volot, Mediador de relaciones interprofesionales quien hizo balance del primer año de existencia de este organismo durante una conferencia que se celebró por la tarde. La Mediación también estuvo presente durante todo el salón a través de un stand que compartía con Crédito, lo que permitía ofrecer un stand permanente a los subcontratistas.

Eric Besson, Ministro de Industria visitó el salón el día siguiente y después de encontrarse con numerosos expositores entregó el Galardón Especial del Jurado de los Trofeos MIDEST a los Fundidores de Francia y a la Asociación Francesa de la Forja por su guía de trasmisión de las competencias de la subcontratación.

Para la sexta edición de los Trofeos, que cosechan un éxito cada vez mayor, el jurado nombró una veintena de expositores cuyos éxitos y ventajas merecen ser destacados. Los galardonados por categoría son: Rotoplus SAS (Oficina de proyectos), Minitubes (Innovación), NCP (Internacional), MPRO (Organización), Méca-Rectif (Colaboración/Alianza) y Courbis (Logros ejemplares). Aunque la mayoría de los galardonados sean franceses, NCP procede del país invitado de honor, Portugal que, con una participación récord, atrajo gran número de visitantes que pudieron descubrir su tradición industrial y sus principales actores en un gran pabellón ubicado en la entrada del salón.

Otra novedad 2011 que tuvo un inicio muy alentador fueron los encuentros de negocios organizados por b2fair – Business to Fairs®, en colaboración con unos cuarenta organismos de la red europea de apoyo a las empresas Enterprise Europe Network; reunieron 150 empresas procedentes de unos veinte países y dieron lugar a 842 encuentros efectivos, calificados y organizados a medida. Permitieron el contacto entre socios potenciales, subcontratistas y/o contratantes deseosos de entablar colaboraciones con socios concretos en un sector específico.

MIDEST también recibió cerca de sesenta conferencias que ofrecieron a los oyentes, expositores y visitantes, un panorama de las últimas evoluciones del sector sobre todo centradas en la temática destacada este año: el medioambiente. En total, cerca de un millar de personas asistieron a estos actos y conferencias flash animados por el CETIM (Centro técnico de industrias mecánicas.)

Aprovechando las competencias de éste último, del CTIF (Centro de desarrollo de las industrias de conformación de metales – Fundición) y del LRCCP (Laboratorio de investigación y control del caucho y los plásticos), los Polos Tecnológicos ofrecieron a los visitantes valiosas informaciones sobre las técnicas y los procesos innovadores. Para concluir, MIDEST 2011 fue la ocasión para el lanzamiento oficial de la segunda edición de SISTEP-MIDEST, el evento profesional marroquí dedicado a la subcontratación industrial y la maquinaria, los equipos y servicios para la industria.

Destinado a todos los profesionales de Europa, Magreb y África se celebrará en la Oficina de Ferias y Exposiciones de Casablanca (OFEC) del 19 al 22 de septiembre de 2012.

La oxidación sin llama

La oxidación sin llama, FLOX, fue desarrollada inicialmente para reducir la formación de NOx en quemadores para calentamiento industrial que empleaban un precalentamiento del aire de combustión. El presente artículo pretende introducir el funcionamiento de este modo de combustión, así como presentar los quemadores REKUMAT WS diseñados para este funcionamiento.

Introducción

Si se enciende una mezcla de combustible y aire, se puede desarrollar una llama. En la zona de reacción, llamada frente de llama, la temperatura se eleva rápidamente a temperaturas cercanas a la temperatura adiabática. La llama puede ser estabilizada, dentro o cerca del quemador, para que la combustión sea estable y pueda ser controlada. Los diferentes métodos de estabilización de la llama juegan un papel importante en el campo del desarrollo del quemador. Ejemplos de ello son el deflector y la estabilización del remolino. Para la necesaria vigilancia de la llama se emplean los efectos ópticos y eléctricos de la llama. Los diseños modernos de quemadores emplean detectores de ultravioleta o la ionización como sistemas automáticos de seguridad de la llama. En ausencia de una señal de llama, el quemador se apaga. Por lo tanto, se puede decir que las llamas cumplen dos funciones importantes:

- La estabilización de llama garantiza una reacción constante y controlada.
- Una llama estable proporciona una señal de llama constante confiable para los sistemas de seguridad de la llama.

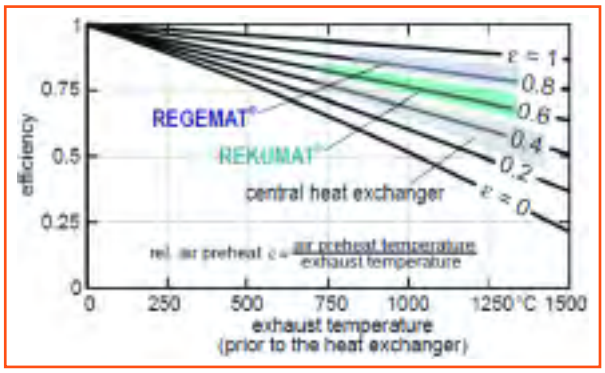
La pregunta es por qué renunciar al probado concepto de las llamas y cuáles son las ventajas del funcionamiento sin llama FLOX. La principal respuesta a esta pregunta es que el modo FLOX puede suprimir la formación térmica de NO, aún cuando el aire de combustión es precalentado a muy altas temperaturas.

Esta presentación ofrecerá una visión general de las actividades en torno al modo FLOX y también dará una visión sobre el potencial futuro.

El punto de partida

Después de la primera y segunda crisis energética de finales de los 70 y principios de los 80, muchos proyectos de investigación se centraron en la mejora de la eficiencia energética. El método más efectivo para la mejora de la eficiencia en los sistemas de combustión, empleados en procesos de alta temperatura, es el calentamiento del aire de combustión.

Los recuperadores centrales alcanzan temperaturas del aire de combustión de hasta 600 °C. Los sistemas descentralizados alcanzan valores bastante superiores. Debido a que la temperatura del precalentamiento del aire es directamente proporcional a la temperatura del proceso, la eficiencia de los



sistemas de combustión puede mostrarse como sigue:

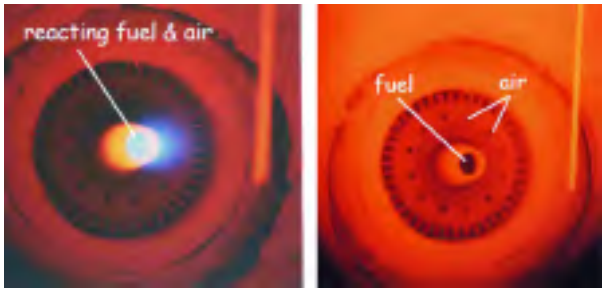
Durante el mismo período, la conciencia de los efectos negativos de las emisiones NOx en la salud humana y el medio ambiente supuso una presión creciente sobre los usuarios y fabricantes de equipos de ombustión. Mientras que las emisiones de NOx se eliminaron en algunos sectores mediante medidas secundarias, p.ej. catalizadores en la industria del automóvil, la industria de los procesos térmicos empleó medidas directas como el "staging", (aportación de aire secundario). El uso de estas técnicas de reducción de NOx permitió el cumplimiento de las normativas estándar como la alemana TA-Luft para temperaturas de proceso de hasta 1.200 °C y un precalentamiento relativo del aire de 0,6 (≈ 700 °C). Para cumplir con límites más rígidos existentes o futuros, no era posible aplicar temperaturas de precalentamiento de aire más altas.

Modo FLOX, "Flameless oxidation"

En 1989, un fenómeno sorprendente se observó durante los experimentos con un quemador auto recuperativo. A temperaturas de horno de 1.000 ° C y aprox. 650 °C en el aire de combustión, no se podía ver la llama y no se recibía señal por parte de la sonda UV. A pesar de ello, el combustible se quemaba por completo, el contenido de CO en los gases de escape estaba por debajo de 1 ppm y las emisiones de NOx eran cercanas a cero (sin decimales), lo que llevó a pensar en un mal funcionamiento del analizador de NO. La combustión se mantuvo estable y sin problemas, no se apreció la llama.

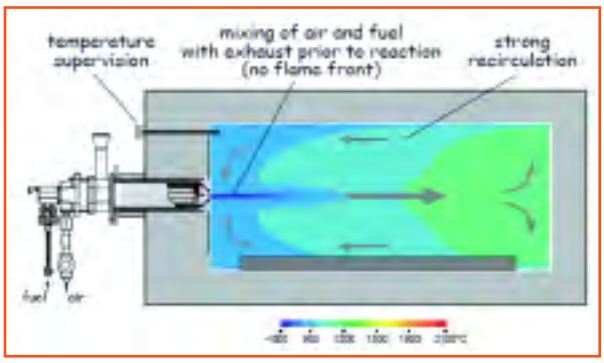
Se definió el fenómeno como combustión sin llama, FLOX® (Flameless Oxidation).

Otros experimentos se llevaron a cabo para determinar las condiciones esenciales para el modo FLOX®. Inyecciones de combustible y aire tienen que mezclarse en un fuerte flujo de recirculación

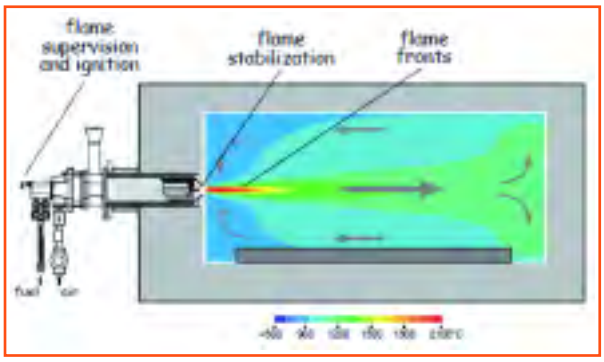


con los gases de escape antes de la reacción. Entonces no hay llamas y por lo tanto no se producen picos de temperatura. Precalentar el aire no es un requisito previo para la oxidación sin llama. La técnica FLOX fue patentada en todo el mundo.

FLOX



Llama



¿Que es una oxidación sin llama?

A menudo hay discusiones acerca de si una combustión puede no tener llama y también hay cierta confusión acerca de las diferentes definiciones para este modo FLOX.

La siguiente definición debería aclarar ciertos aspectos:

La oxidación sin llama, FLOX, es una combustión estable sin llama y con recirculación definida de productos de combustión calientes:

— Para combustibles gaseosos, líquidos o sólidos.
— Con y sin precalentamiento del aire de combustión.
— Con y sin precalentamiento del combustible.
— Para combustiones pobre y ricas (0,3 < l < 3).

Además:

— No es necesario emplear aire precalentado.
— No es necesario operar con valores bajos de oxígeno.
— No se necesitan catalizadores.
— No son necesarias cámaras de combustión de grandes volúmenes.
— No es un requisito la inyección por separado de aire y combustible.

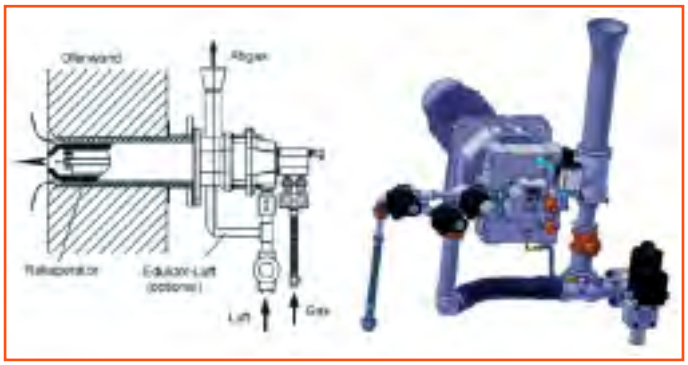
La mayoría de las definiciones de las llamas se refieren a la visibilidad, frentes de llama, la estabilización y el equilibrio entre el flujo y la velocidad de la llama. Todas estas condiciones no se cumplen en la oxidación sin llama, FLOX.

Quemadores recuperativos WS FLOX-Llama

Todos los quemadores recuperativos de WS poseen la capacidad de trabajar en modo Llama y/o en modo FLOX. El modo llama se emplea para temperaturas de proceso por debajo de los 850 °C, pasando automáticamente a modo FLOX a partir de esta temperatura.

Los quemadores son suministrados junto con la instrumentación necesaria de aire y gas para su correcto funcionamiento. Además, se suministra junto con cada quemador una caja de control que realiza el proceso de encendido de cada quemador individualmente.

Las líneas de alimentación de aire y de gas se dimensionan para obtener unas presiones determinadas a la entrada del quemador, normalmente 80 mbar aire – 60 mbar gas, y mediante un ajuste de las presiones diferenciales en el mismo quemador se pueden ajustar los rangos de funcionamiento óptimo de cada quemador. Esto implica que tanto en las líneas de alimentación como en el quemador mismo no es necesario realizar ningún tipo de regulación.



Los quemadores se suministran probados y ajustados en fábrica, lo cual ahorra tiempos de instalación y puesta en marcha. El mantenimiento de los quemadores es a su vez muy sencillo, ya que únicamente se deben revisar los ajustes individuales del quemador en funcionamiento, así como una inspección visual en frío una vez al año.

Existen básicamente dos tipos de recuperadores en función de las temperaturas de trabajo:

— Con recuperador metálico REKUMAT M
— Con recuperador cerámico REKUMAT C

En 2011 WS ha introducido en el mercado un nuevo tipo de quemador recuperativo, el REKUMAT S. La gran novedad de este quemador es el nuevo diseño del recuperador. Un conjunto de tubos, sustituyen al recuperador clásico. Estos tubos sirven para guiar el aire de combustión, y precalentarlo mediante el considerable aumento de la superficie de intercambio entre el relativo aire de combustión y los gases de escape.

Este nuevo diseño permite que las eficiencias térmicas, así como las temperaturas de los gases de escape (después del recuperador) alcancen valores similares a los alcanzados con quemadores regenerativos, lo cual implica a su vez emisiones NOx muy bajas.

El ya probado principio de auto recuperación hace de este nuevo diseño un sistema optimizado con respecto a anteriores modelos, REKUMAT M y C, alcanzando ahorros energéticos de hasta un 15% y la posibilidad de trabajar tanto en calentamiento directo como con tubos radiantes.

La investigación y desarrollo del sistema FLOX, durante los últimos 15 años, así como su implantación y probada eficiencia en distintos procesos industriales de alta temperatura, han llevado a que la empresa Wärmeprozesstechnik WS reciba el premio más importante concedido por el Gobierno Alemán por la innovación en procesos de mejora del medio ambiente, Deutscher Umweltpreis 2011.

Influencia del proceso de fabricación sobre las propiedades de los aceros de herramientas para trabajos en caliente. Fundición a presión o inyectada

Por Manuel Antonio Martínez Baena y J. Palacios

1. Introducción

La **fundición a presión** o **fundición inyectada** es seguramente el proceso de fabricación de piezas, que requiere mayor número de exigencias, técnicas y metalúrgicas, de los aceros de herramientas para trabajos en caliente. Durante la vida útil del molde, el material –***acero***– ha de resistir un serie de características tales como la reducción o bajada de dureza, choques térmicos, y al mismo tiempo, mantener un alto grado de resistencia al agrietamiento inducido por ciclos térmicos a los que, normalmente, está sometido en servicio: fatiga térmica y erosión.

En todo el mundo industrializado hoy día se comercializan aceros de herramientas para trabajos en caliente, tanto en la calidad estándar como en calidades especiales, que presentan un mayor nivel de características. Elegido ya el material para la fabricación del molde resulta fundamental definir el nivel de calidad del acero, y es aquí, donde su proceso de fabricación juega un papel predominante. A través de una detallada descripción de los distintos procesos metalúrgicos de fabricación del acero se puede entonces comprender, cuanto y de qué manera, la técnica utilizada en la obtención del material afectará de una manera muy significativa en sus propiedades y características finales de empleo.

2. Los distintos procesos y técnicas metalúrgicas de elaboración de los aceros de herramientas

En la elaboración clásica y convencional de los aceros estándar de herramientas en general –***fusión al aire***– se utilizan los hornos de alta frecuencia, o bien los hornos eléctricos de arco, dependiendo la elección de uno u otro procedimiento de la disponibilidad de energía eléctrica. Lo normal es la utilización del horno eléctrico de arco (**HEA**).

Por su alto contenido de aleoelementos en la mayoría de los aceros de herramientas, y debido también, a las segregaciones que se producen durante la solidificación del material líquido, se agravan los problemas y se agrandan, sobre todo cuando se trata de aceros de herramientas para trabajos en caliente. Problemas que se manifiestan, fundamentalmente, a niveles micro-macroscópicos, –*fuerte segregación central de carburos*– y de microsegregaciones interdendríticas.

La segregación de carburos en el acero tiene, en la mayoría de los casos, una influencia directa y negativa sobre la herramienta con él fabricada. En efecto, las segregaciones de carburos, presentes en el material, pueden provocar distorsiones durante el tratamiento térmico las herramientas, y asimismo, una baja tenacidad, dureza no uniforme, dificultad en rectificado, etc. Las segregaciones de carburos en el material afectan, igualmente, al proceso de fabricación o puesta en forma de las herramientas y al rendimiento mecánico de las mismas.

Las estructuras que resultan de la solidificación de los lingotes de acero, no son las más adecuadas para su aplicación directa en la fabricación de útiles y herramientas. Las estructuras dendríticas y las segregaciones reticulares de carburos constituyen un

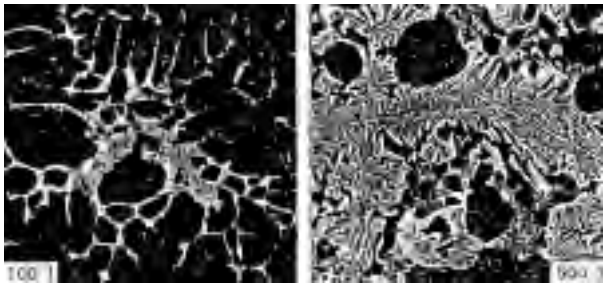


***Figura 1**. Acero bruto de colada. Fuerte segregación central de carburos y de microsegregaciones a nivel dendrítico.*

fenómeno natural, aunque indeseable, en el lingote obtenido; **figura 1**. Esto hace que se desarrollen procesos de forja que limitan su extensión y modifican la estructura del acero bruto de colada y rompa los carburos, haciéndola aquélla más homogénea y apta para la posterior utilización de la herramienta, previo tratamiento térmico; **figura 2**.

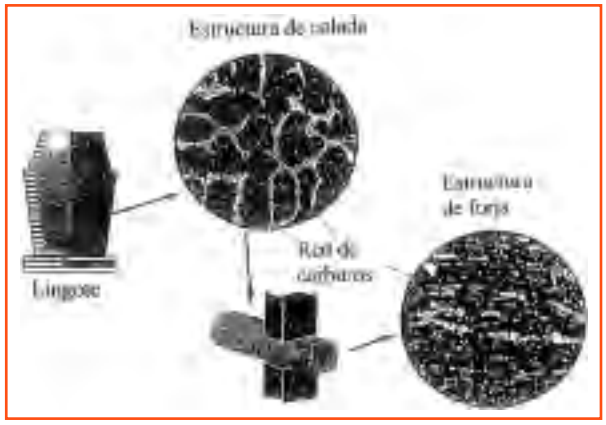


***Figura 2**. Rotura y modificación de las redes de carburos durante la forja de un lingote. Acero estándar de alta aleación para herramientas.*

La implicación de estas condiciones en la calidad del producto –*acero*– es muy acusada, principalmente en lo que se refiere a la segregación de carburos, originada en la solidificación, que persiste su herencia a través de todo el proceso de elaboración del acero. El trabajo de transformación del lingote en caliente, forja y laminación, reduce el nivel de segregación en el acero; pero con una reducción notable de la sección transversal (95%), todavía se evidencia su presencia en el producto transformado y conformado a tan alta temperatura; **figura 3**.

Desde siempre los esfuerzos de los aceristas han estado dirigidos, fundamentalmente, al desarrollo

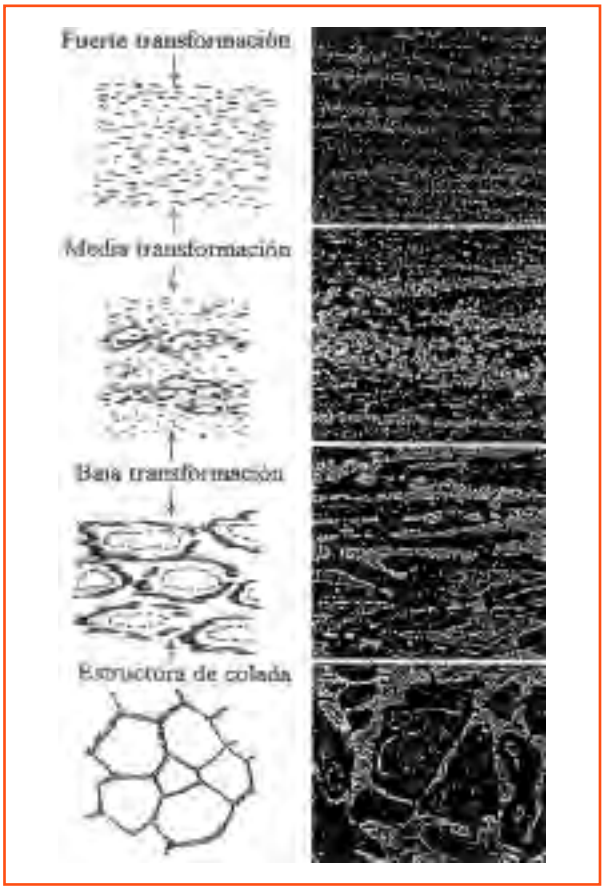


***Figura 3**. Reparto y distribución de los carburos en el centro de un lingote según el grado de reducción de forja.*

de nuevos aceros controlando muy mucho las condiciones de colada; con la idea fija: (1) de suprimir al máximo las estructuras dendríticas del acero de colada; (2) de refinar el tamaño de grano primario original; (3) de minimizar la segregación de carburos; y (4) de conseguir una redistribución homogénea y bien repartida de los carburos en toda la masa matricial o estructura del acero.

Son los medios físico-metalúrgicos los que, normalmente, actúan por separado en el logro de ese objetivo: (1) control del propio proceso de solidificación del acero líquido, creando las condiciones físico-químicas más adecuadas para la consecución de una buena estructura de colada; y (2) mejorar la estructura de colada, por medio de forja del material. Mejora que, –*debido a las profundas transformaciones metalúrgicas que se originan en toda la masa matricial del acero*– se consigue mediante el tratamiento térmico de homogeneización del material a alta temperatura, antes de ser transformado y trabajado en caliente bajo la acción de importantes deformaciones plásticas; ver **figura 3**.

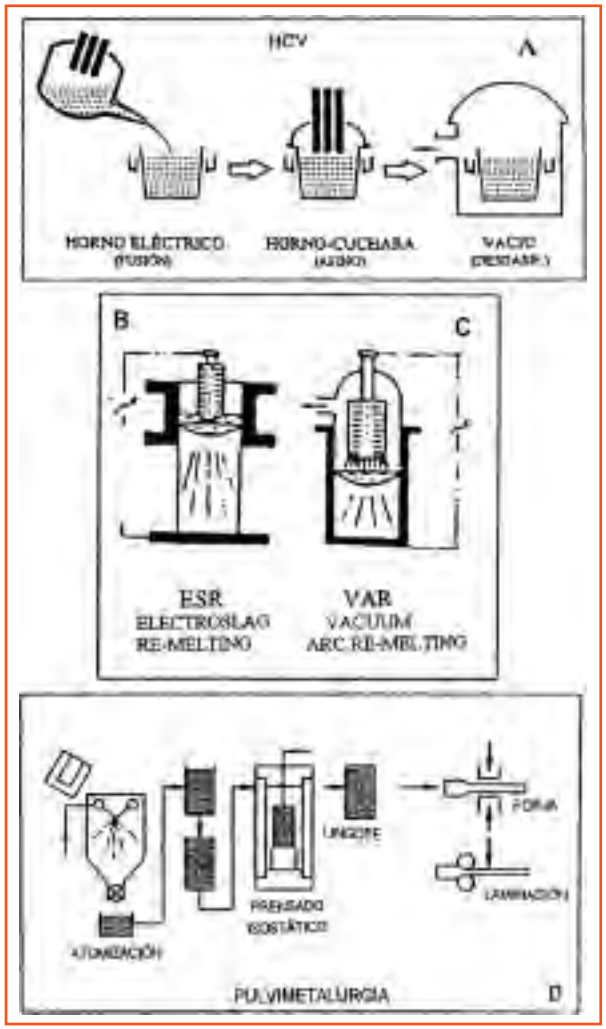


***Figura 4**. Representación esquemática de los distintos procesos actuales de fabricación de los aceros aleados para herramientas: **A** = Horno-cuchara-vacío (**HCV**). **B** = Refusión bajo escoria electroconductora (**ESR**). **C** = Refusión en horno de arco bajo vacío (**VAR**). **D** = Pulvimetalurgia.*

Para mejorar la calidad de fusión y, también, de la estructura de colada, se aplican desde hace algunas décadas, nuevos procedimientos de elaboración y producción de aceros especiales para herramientas en general. La obtención de aceros especiales de herramientas, con bajos niveles de segregación de carburos e inclusiones y una regular isotropía que armonice una alta dureza con una muy aceptable tenacidad; exige la utilización de técnicas especiales de elaboración y tratamiento: fusión y afino del metal líquido, colada, forja y conformación en caliente, así como de tratamientos térmicos muy especiales y precisos; **figura 4**.

Las propiedades esenciales de los aceros de herramientas en general, y en especial de los aceros para moldes de fundición, dependen en gran medida de la estructura del lingote, determinada por el análisis químico y de las condiciones de solidificación y de los tratamientos térmicos especiales de homogeneización a los que se somete el lingote antes de su forja y/o laminación .

2.1. *Proceso* HCV [fusión en horno eléctrico y afino secundario en **Horno-Cuchara +Vacío**]

El proceso **HCV** permite reducir a un mínimo las operaciones metalúrgicas realizadas en la unidad primaria de fusión: horno eléctrico de arco (**HEA**). Después de las etapas de descarburación y de desfosforación que se efectúan en el mismo horno de fusión, comienza entonces el proceso de afino secundario en horno-cuchara y desgasificado al vacío; con posibilidades para calentamiento y agitación por gas inerte en cuchara, en la que se realiza el ajuste de composición química del acero, la desulfuración, el control del contenido de gases y la ingeniería de inclusiones.

En la etapa siguiente se efectúa el llenado de lingoteras mediante sifón, y una vez transcurrido el tiempo de solidificación establecido para cada tipo de lingote. Tales lingotes se transfieren, todavía en caliente, a los hornos de tratamiento térmico para realizar los ciclos térmicos de homogeneización –*hiperglobulizado*– antes de su desbaste previo por laminación o forja, a la temperatura de máxima plasticidad. Con esto se consigue una adecuada modificación de la estructura primaria de solidificación del acero y se logra, al mismo tiempo, una distribución más regular de los carburos y mejora de las características mecánicas del material ya anteriormente homogeneizado.

Aunque el proceso de fabricación **HCV** ha conseguido mejorar muy mucho la pureza general del lingote, –*lingotes con una mayor limpieza inclusionaria*– no es posible eliminar del todo una de las mayores desventajas que aparece normalmente en el lingote, tal es su heterogeneidad estructural. La razón radica en las segregaciones que se producen durante la recristalización en el periodo de solidificación del acero líquido; se ocasiona, durante este ciclo, lo que se conoce como ¨segregación en las estructuras primarias¨: microsegregaciones. Lo mismo ocurre con las segregaciones propias de la solidificación en los grandes lingotes: macrosegregaciones. La consecuencia final de tales segregaciones se traduce, esencialmente, en la aparición de zonas indis-

criminadas de diferentes concentraciones muy irregulares de algunos de los elementos químicos presentes en el acero solidificado. Son zonas que, por su alterada composición, se comportan como verdaderos aceros de diferente composición química a la propia del acero del lingote en cuestión.

Las inclusiones no metálicas intervienen, igualmente, en la segregación e incluso partiendo de una alta pureza inclusionaria del acero líquido; esto ocurre mayormente en los grandes lingotes. Tal caso puede producir una acumulación de segregaciones en ciertas partes del lingote, que son altamente perjudiciales. Cuando se trabaja y se transforma el material a altas temperaturas, se originan también segregaciones en la estructura primaria de solidificación del acero, dando lugar entonces a estratificaciones que son, en consecuencia, el origen de la bajada de la características de tenacidad, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal, del material trabajado a tan elevada temperatura.

2.2. Proceso de refusión bajo escoria electroconductora (ESR)

En el proceso de refusión bajo escoria electroconductora (**ESR**), su principio consiste en el afino del acero por segunda fusión. El material de partida es uno o más electrodos obtenidos de los lingotes, ya forjados, del acero producido en horno eléctrico y desgasificado, con el fin de obtener una mayor pureza metalúrgica.

Es un proceso extraordinariamente atractivo para la fabricación de aceros de herramientas en general, ya que permite mediante una solidificación dirigida desde el fondo hacia arriba del lingote, obtener lingotes de mayor masa con un alto grado de homogeneidad estructural, en todas su secciones, –*longitudinal* y *transversal*– libres de segregaciones y de discontinuidades axiales, y libre también, de segregaciones reticulares típicas de lingotes obtenidos por procedimientos convencionales; **figura 5**.

Otras ventajas son:

- Solidificación controlada y consecución de lingotes sanos y compactos.
- Aceleración de las etapas de cristalización del acero; se obtienen estructuras uniformes siendo el reparto de los carburos más homogéneo.
- Control del tamaño de los carburos.
- Eliminación de las contaminaciones exógenas de refractarios.
- Supresión de oxidación atmosférica en el material refundido.
- Alto rendimiento del paso de acero líquido a lingote.
- Mejores características de trabajado en caliente del acero refundido.
- Obtención de materiales prácticamente isótropos en todas sus características mecánicas más importantes.

Los resultados obtenidos representan, por tanto, un muy sustancial avance conseguido a través de la acción directa que ejerce este proceso de fabricación sobre la segregación de carburos, la limpieza en inclusiones, y en las características mecánicas de las herramientas correspondientes. Su campo de utilización (**ESR**) se amplía notablemente, con la posibilidad de fabricación y empleo de herramientas con eventuales estructuras en estado bruto de forja, o bruto de laminación.

2.3. Proceso de refusión bajo vacío (VAR)

En el proceso de refusión bajo vacío (**VAR**), su acción beneficiosa es la de alcanzar más altos niveles

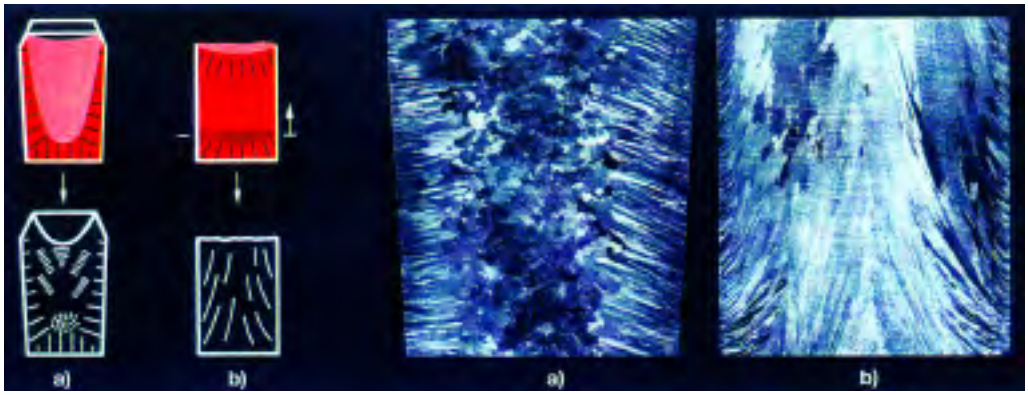


***Figura 5**. Comparación sobre la estructura de solidificación de un lingote según la técnica de fabricación del acero: (**a**) proceso estándar de fabricación; (**b**) proceso **ESR**. Macrografías de la sección longitudinal del lingote (**a**) alta segregación, porosidad e irregular distribución de inclusiones; (**b**) grano orientado, homogeneidad estructural, libre de segregaciones reticulares, y de discontinuidades axiales [Böheler Edesltahl GmbH].*

de pureza y limpieza inclusionaria. Esta finalidad es aprovechada en ciertas aplicaciones muy especiales; **p.ej.**: la fabricación de moldes para la obtención de cristales de óptica; moldes que precisan altas exigencias de pulido, etc.

Importantes mejoras en la resistencia a la fatiga, isotropía de características mecánicas, estabilidad dimensional que se pueden ocasionar durante el temple y el revenido del acero, maquinabilidad, etc... son conseguidas mediante un riguroso control de la composición química del material; prestando un especial interés en la consecución de ultra bajos contenidos de hidrógeno (**H**), oxígeno (**O**) y azufre (**S**).

La aplicación, en general, de las modernas técnicas de la metalurgia de inclusiones, permite que las inclusiones que se encuentran en el acero tengan la composición, tamaño, forma y distribución deseados para que resulten beneficiosas en características concretas, y sin riesgo para el resto de las propiedades del acero.

La obtención de aceros con bajos niveles de inclusiones, que equilibren y armonicen las altas resistencias mecánicas y durezas, con una buena tenacidad; exige la utilización de técnicas metalúrgicas de afino del metal líquido, de fusión, de trabajo termomecánico, –*forja*– además de unos tratamientos térmicos de homogeneización –*hiperglobulizado*– muy especiales y costosos en el tiempo.

Gracias a la forja tridimensional del lingote, se puede asegurar un producto –***acero***– exento de porosidades o pequeños vacíos en núcleo del material y también una estructura más o menos fina; circunstancias que hacen aumentar la tenacidad, tanto en sentido longitudinal como en el transversal del acero forjado. En definitiva, se obtiene un material con mayor isotropía que puede emplearse en la fabricación de herramientas con una más alta dureza y resistencia; y, por tanto, con una mayor resistencia al desgaste, al mismo tiempo que se evita o se minimizan posibles riesgos de rotura por temple.

Resumiendo: la mejora de la calidad de los aceros de herramientas para trabajos en caliente, en especial los **aceros refundidos**, se debe fundamentalmente a una optimización en las operaciones de transformación y conformación tridimensional del material a alta temperatura; trabajos que siguen al tratamiento térmico previo de homogeneización.

Una de las más importantes modificaciones habidas en estos aceros refundidos, que podemos designar ¨aceros de nueva generación¨, tal como antes se ha indicado, es la homogeneización térmica adicional del lingote de partida; tratamiento térmico éste anterior a los trabajos de conformación en ca-

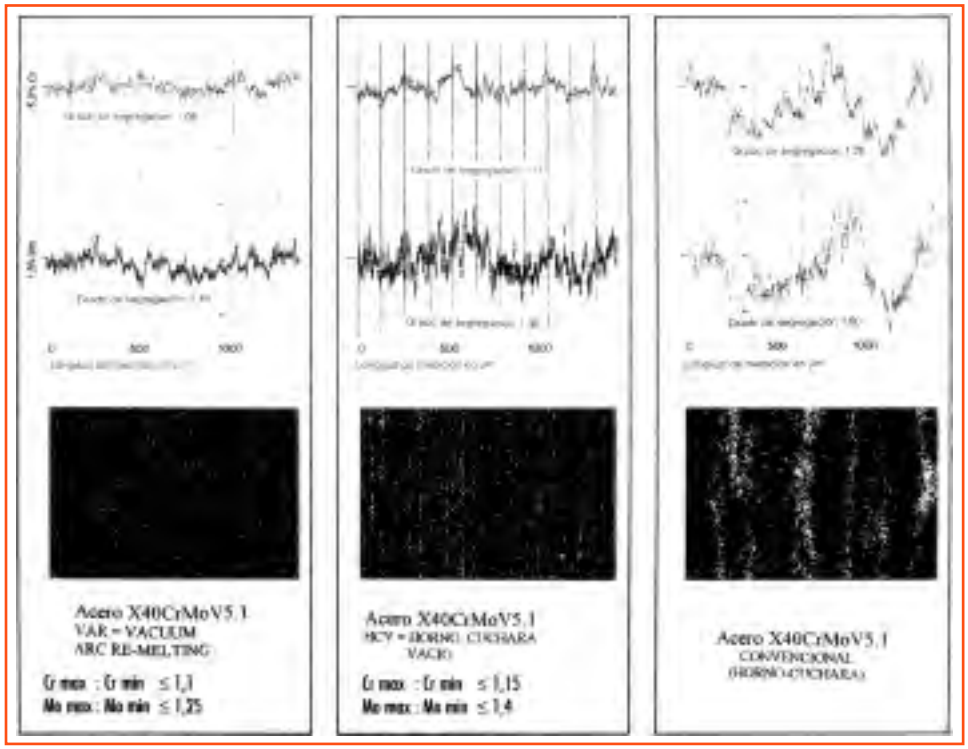


Figura 6. *Evaluación y comparación de las concentraciones de cromo (**Cr**) y molibdeno (**Mo**) y de estructura micrográficas de temple del acero **X40CrMoV5**, según el proceso de fabricación [Böheler Edesltahl GmbH].*

liente del lingote para ser transformado en barras, bloques, llantas, etc. Mediante el tratamiento térmico de homogeneización del lingote, la concentración local –*segregación*– de elementos presentes en el acero: carbono (**C**), cromo (**Cr**), molibdeno (**Mo**), y vanadio (**V**) se reduce muy mucho; **figura 6**. El resultado es el logro de una macroestructura uniforme en toda la sección transversal del lingote térmicamente homogeneizado; **figura 7**.

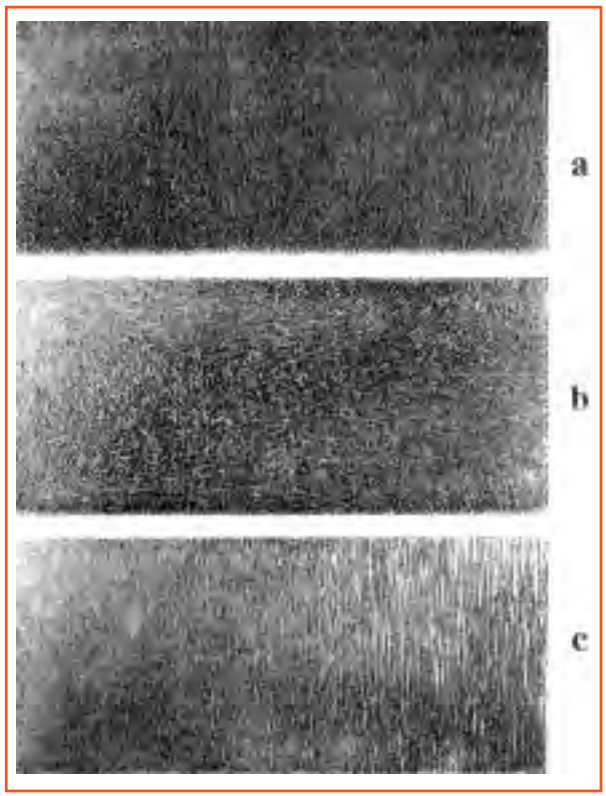


***Figura 7**. Macrografías en las que se compara la segregación de carburos primarios en la sección transversal del material: **a** = acero obtenido por el proceso **ESR**; **b** = disco forjado; y **c** = acero estándar proceso convencional.*

3. Características y propiedades necesarias de los aceros de herramientas que se utilizan en la construcción de moldes y demás componentes para fundición inyectada

Al observar el funcionamiento de una máquina de fundición a presión, el examen de la misma, fácilmente conduce a definir qué exigencias se necesitan en los aceros de herramientas para trabajos en caliente destinados a la construcción de moldes y otros componentes; **figura 8**. Deducimos que los moldes deben resistir, fundamentalmente, por principio: la erosión, el choque térmico y la fatiga que se origina por la acción del metal fundido al incidir sobre la superficie activa del molde; acción, que es debida al ciclo de calentamiento-enfriamiento a altas temperaturas y a las grandes presiones que se producen durante la inyección a presión.

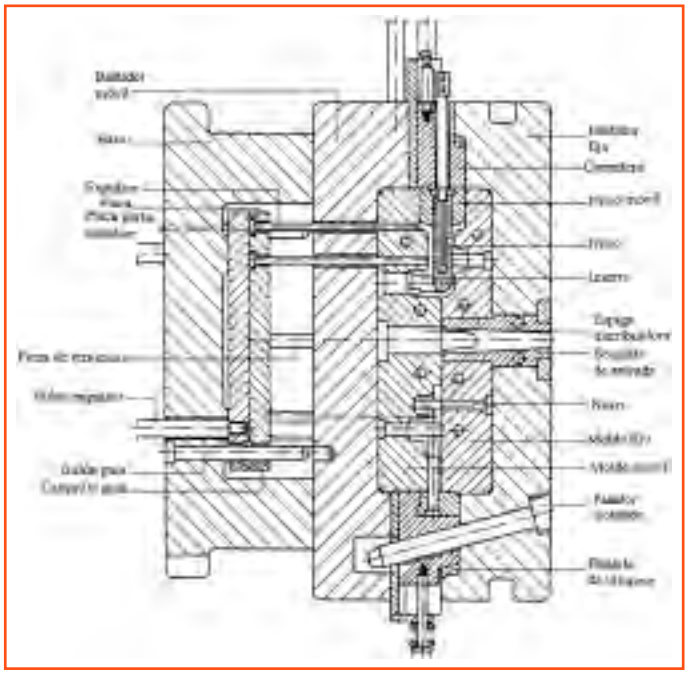


***Figura 8**. Sección esquemática de un molde de fundición a presión o inyectada.*

Pero, al mismo tiempo, no hay que olvidar el proceso de fabricación y de mecanizado del molde. Para facilitar tales exigencias se necesita, para ello, un acero que sea fácilmente maquinable, de tratamiento térmico sencillo y seguro; esto para evitar, en lo posible, las distorsiones y el peligro de eventuales grietas de temple.

No existe acero de herramientas para trabajos en caliente que cumpla, de manera total y absoluta, con todos estos requisitos. Es necesario, por tanto, llegar a un compromiso en la elección y selección de aquel material que ofrezca, en mayor y mejor grado, ese conjunto de necesarias características.

Igualmente se ha de pensar en una buena homogeneidad estructural del material de partida, con ausencia total de inclusiones y de defectos –*internos* y *superficiales*–; todo ello es indispensable en el material con el que se ha de fabricar el molde o herramienta. Esto exige, en definitiva, una alta calidad metalúrgica del acero, –*común a todos los aceros de herramientas*– que viene caracterizada por una fa-

bricación correcta y cuidadosa; objetivo éste, que para lograrlo, se ha de realizar una larga serie de controles, muy exhaustivos, durante todo el proceso de fusión y elaboración del acero.

Las dos principales causas de rotura en los moldes de fundición inyectada son: (1) las grandes grietas; y (2) la fatiga térmica. Mientras que en las grandes grietas su origen es debido a sobrecargas por concentración de tensiones inducidas por una intricada geometría del molde; grietas que, también, se pueden originar por un tratamiento térmico inadecuado y/o incorrecto. El inicio y propagación de la fatiga térmica, sin embargo, viene determinado por procesos mecánico-metalúrgicos muy complejos y característico que se producen en la superficie del molde durante su trabajo mecánico a alta temperatura; **figura 9**.

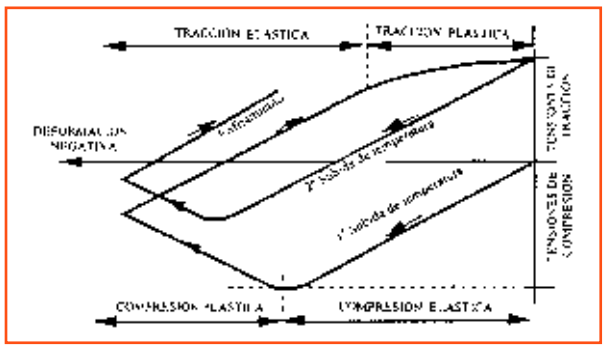


***Figura 9**. Mecanismo de fatiga térmica. Evolución de las tensiones y contracciones de carga superficial.*

Por regla general, la fatiga térmica es la causa del mayor número de roturas en los moldes, fundamentalmente, ocasionada por las tensiones originadas al dilatarse y contraerse la superficie activa del molde en servicio. En el contacto del metal líquido con el molde, se produce una repentina elevación de temperatura en la superficie del mismo; y, que debido a ese calentamiento de la superficie, ésta tiende a dilatarse. Tal acción es impedida por el efecto de disipación de calor que el núcleo, junto con resto de material del molde, generan al estar más frío.

En los ciclos de calentamiento y enfriamiento rápidos del molde en su continuo trabajado en caliente, se producen tensiones superficiales –*de dilatación* y *de contracción*–, ver **figura 9**,– que dependen del mayor o menor gradiente de temperatura habido entre la superficie y el núcleo de la herramienta en servicio. Por tanto las variaciones cíclicas pueden ser y son, fundamentalmente, las responsables de un acortamiento de la vida útil de tales herramientas y demás componentes de inyección.

Dentro de una capa muy fina subyacente y próxima a la superficie del molde, las tensiones térmicas pueden exceder el límite de fluencia del acero; tensiones que dan lugar a deformaciones plásticas. Los cambios cíclicos de temperatura en la superficie del molde originan pues dilataciones y contracciones térmicas. Dichas tensiones cíclicas, de origen térmico, inducen a la formación de grietas por fatiga, denominadas grietas térmicas; **figura 10**.

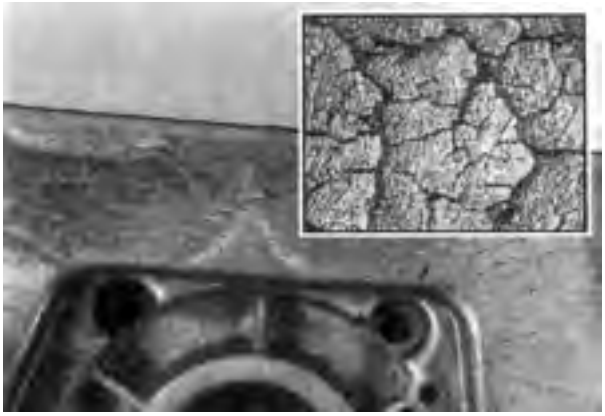


***Figura 10**. Típicas grietas originadas por fatiga térmica.*

Resumiendo: con tensiones mecánicas superiores al valor del límite elástico en caliente del acero –*a temperatura de trabajo*– la superficie activa del molde se deforma plásticamente. Y, siguiendo el ciclo de trabajo, cuando dicha superficie se enfría más rápidamente que el núcleo del material –***acero***–aparecen de nuevo, como antes se ha indicado, tensiones térmicas superficiales que originan deformaciones, elásticas y/o plásticas, en la superficie activa o de trabajo del molde en servicio.

Por todo lo expuesto, consideramos que la formación de las grietas térmicas en los moldes comienza, localmente, en las zonas superficiales de deformación. Para evitar o retrasar en el tiempo, la aparición de tales las grietas, se han de utilizar aceros que un alto límite elástico a tan elevadas temperaturas de trabajo; **figura 11**. La resistencia al choque térmico se puede relacionar directamente con la resistencia a la fatiga y el límite elástico del material con el que se ha fabricado el molde en cuestión.

La tenacidad en caliente ha de ser, igualmente, elevada para retrasar al máximo el crecimiento y propagación de las fisuras en el molde. Las grietas térmicas normalmente están asociadas a la velocidad de rotura por fluencia del material, –*movimiento de las partículas de un material sometido a una alta tensión* y *temperatura*– que depende de las tensiones lineales originadas a temperaturas elevadas. El retraso

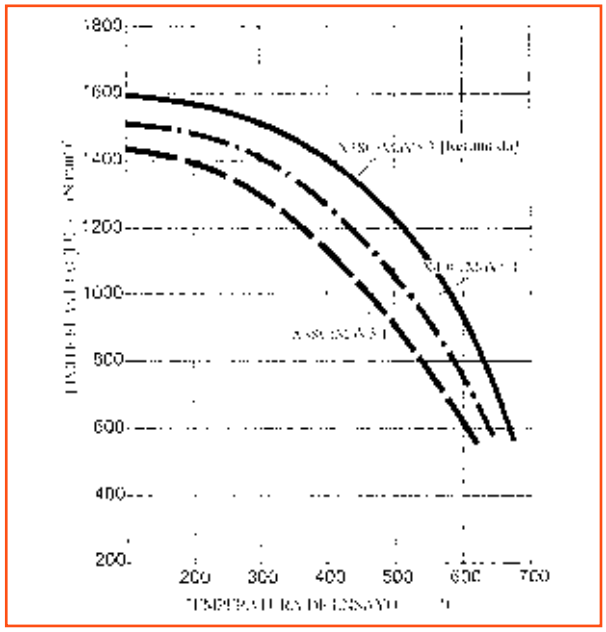


***Figura 11**. Límite elástico (**LE$_{0,2}$**) de tres aceros típicos de herramientas para trabajo en caliente en función de la temperatura de ensayo.*

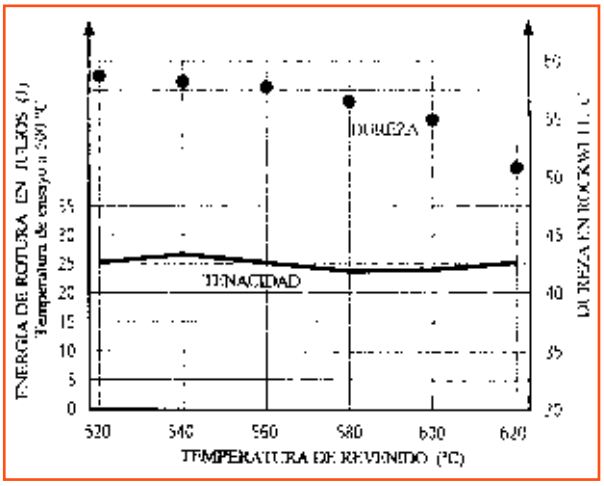
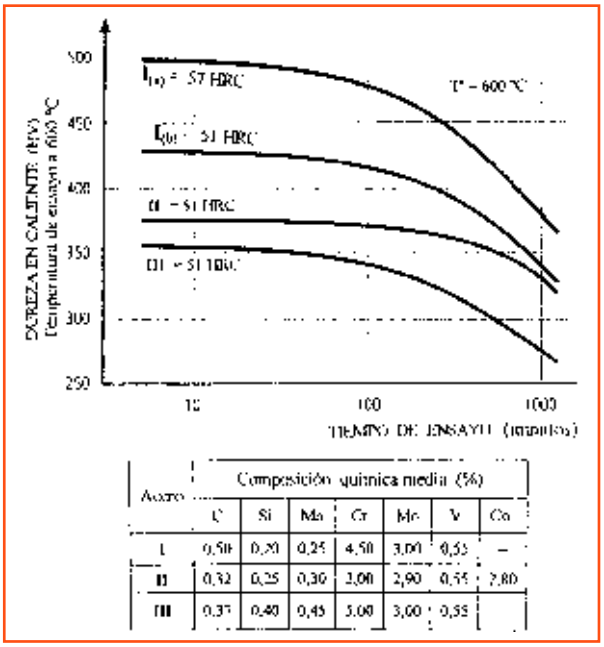


***Figura 12**. Tenacidad en caliente en función de la temperatura de revenido. Acero refundido **ESR** "acero de nueva generación" para trabajos en caliente: **C** = 0,50%; **Cr** = 4,50%; **Mo** = 3,00% y **V** = 0,55%. Ensayo Charpy con probeta entallada en **U**.*



Acero	Composición química media (%)						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Co
I	0,50	0,30	0,25	4,50	3,00	0,55	–
II	0,32	0,25	0,30	2,00	2,90	0,55	2,80
III	0,37	0,40	0,45	5,00	3,00	0,55	

***Figura 13**. Dureza de temple, en caliente, y la influencia del tiempo a temperatura constante de ensayo. Tres "aceros de nueva generación" para trabajos en caliente. [Acero (**I**) refundido proceso **ESR**].*

del crecimiento y propagación de las fisuras se consigue, en gran medida, utilizando aceros de una alta y excepcional tenacidad, elevada dureza en caliente, y una gran estabilidad térmica; **figuras 12** y **13**.

La velocidad de rotura por fluencia del material, a una cierta tensión y temperatura, deberá ser lo más lenta posible. Los factores que influyen en la resistencia a la formación de grietas térmicas superficiales, en los aceros para trabajo en caliente, son:

- Elevado límite elástico y resistencia a la tracción.
- Alta tenacidad en caliente para evitar la deformación plástica.
- Alta resistencia al revenido para mantener la dureza en caliente.
- Gran resistencia a la fluencia en caliente.
- Alto grado de limpieza y pureza metalúrgica: no inclusiones.
- Gran homogeneidad molecular: estructura.
- Elevada conductividad térmica para minimizar los picos altos y gradientes de temperatura.

La abrasión y/o erosión que origina el metal líquido sobre la superficie activa del molde de inyección en servicio –**figura 14**– es, también, otro motivo de graves problemas. La resistencia a la abrasión y a la erosión está relacionada con el nivel de dureza de la superficie molde; y, al mismo tiempo, con la composición del acero con que se ha fabricado. Condiciones ambas que dan lugar, después de un perfecto tratamiento térmico de temple y revenido, a estructuras ciertamente correctas.

4. Resumen final

La mayor calidad de los actuales aceros aleados de herramientas para trabajos en caliente es unos de los factores más importantes que determinan, de una forma definitiva, la vida útil de los moldes y demás componentes que trabajan a altas tempera-

***Figura 14**. Erosión, forma de desgaste mecánico en caliente sobre la superficie activa del molde.*

turas. Este trabajo ha descrito aquellos factores más relevantes que influyen en la construcción y el rendimiento de todas las herramientas –*componentes*, *moldes*, y *otros útiles*– que trabajan a altas temperaturas; tal es el caso de la fundición inyectada: (1) selección de acero más adecuado; (2) técnicas de refusión y otras tecnologías actuales de fabricación del acero; (3) tratamiento térmico de homogeneización previa del lingote; etc.

La mayor atención se ha centrado en caracterizar aquellas pautas más específicas para la fabricación del acero de herramientas para trabajos en caliente, y que tienen mayor influencia en la consecución y calidad del molde, así como en el aumento de su rendimiento en servicio.

En aquellas aplicaciones donde los clásicos aceros estándar de herramientas han llegado a su techo útil; **p.ej.**: limitación de dureza en caliente y de la resistencia al revenido, etc. La utilización de los llamados ¨aceros de nueva generación¨ es una alternativa, muy fiablemente, a considerar, ya que tales aceros tienen una gran pureza inclusionaria y mayor dureza, así como una más alta tenacidad en caliente.

ACEMSA
Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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

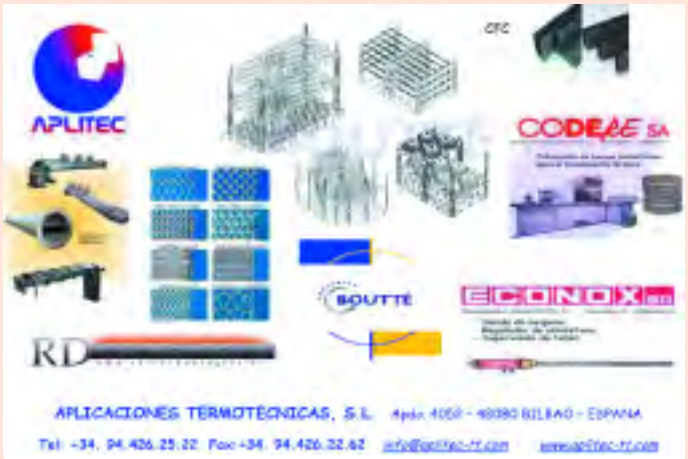
B.M.I.
El especialista en hornos para tratamientos térmicos al vacío
Temple gas y aceite
Revenido y recocido
Nitruración baja presión
Nitruración iónica
Cementación baja presión
Soldadura brazing
Sinterizado
MIM
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L. - Apdo. 4062 - 48080 BILBAO - ESPAÑA
TEL.: 94.426.25.22 FAX: 94.426.22.62

Deguisa, S.A.
DEGUISA
INNOVACION CONSTANTE. VOLUNTAD DE SERVICIO
REFRACTARIOS
-Refractarios para cucharas de tratamiento, trasvase y colada.
- Tapones de soplado y agitación.
-Productos conformados para aplicaciones especiales.
-Equipos de válvula corredera para colado de acero.
COMBUSTIÓN
- Ingeniería de equipos de combustión y sistemas de control.
- Asistencia técnica, supervisión y mantenimiento de instalaciones.
- Componentes de procesos térmicos industriales.

Emison
GRUPO EMISON
C/ Valirana, 67 - 08006 Barcelona - Teléf.: 938 792 871 - Fax: 932 111 838
Internet: www.emison.com - e-mail: marc@emison.com
• Fabricantes de hornos desde 1957.
• Más de 120 modelos en stock.
• Hornos de mufla.
• Depuradoras de humos.
• Equipos especiales.
• Tratamiento térmico de metales.
• Estufas de secado y calefacción.
• Equipos de incineración.
• Hornos de temple.
• Hornos de soldadura.
• Hornos de revenido.
• Hornos de recocido.
• Hornos de sinterizado.

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

PYRO CONTROLE
SSi SUPER SYSTEMS INC.
HITECH INSTRUMENTS LTD
EREMA
WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD
Sondas de oxígeno
Analizadores de gases
Pruebas de uniformidad de temperaturas - AMS2750D
Sondas de temperatura
Videoregistradores
Reguladores de temperatura
Thyratrones
Resistencias CSi y MoSi2
Automatización de hornos
ENTESIS
Galileu 313 bajos
08028 Barcelona
Telf 934105454
Fax 934199733
http://www.entesis.net
info@entesis.net


APLITEC
CODEBE SA
SOUTTE
ECONOX
RD
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L.

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

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

Shaping industry
Su Proveedor de soluciones en Tratamiento de Superficies
wheelabrator

S. A. METALOGRAFICA
TRATAMIENTOS TÉRMICOS
NUESTROS SERVICIOS
CAPACIDADES MÁXIMAS
CENTRAL
Polig. Ind. POLIZUR - Naves 4, 5 y 6
08290 CERDANYOLA (Barcelona)
93 580 53 53 FAX 93 580 29 61
DURPLAN®
C/ Turó de l'Home, 2
08400 GRANOLLERS
93 861 60 77 FAX 93 861 60 78

Nanoindentación
Medición de
espesor de recubrimientos
Análisis de materiales
Inducción magnética
Corrientes de Foucault
Fluorescencia de rayos X
Coulombimetría
FISCHER INSTRUMENTS, S.A.
fischer

AFE
AFE CRONITE
Diseño y fabricación de piezas fundidas
en aleación de cromo / níquel
AFE Cronite Technologies - Ilárraza, 14 - 01192 ILARRÁZA (ALAVA)
Tfno.: 945 293 400 - Fax: 945 293 145
E-mail: M.GARCIA@afecronite.com - www.afecronite.com

METALOGRÁFICA
DE LEVANTE S.A.
TRATAMIENTOS TÉRMICOS
SERVICIO Y CALIDAD
Temple en Vacío
Cementación
Nitruración, Nipro
Carbonitruración
Temple en Atmósfera Controlada
Temples de muelles, series, etc.
Estabilizados, normalizados, recocidos
Deshidrogenados, Recristalización, etc.
Laboratorio Metalúrgico
Espectrometría
Consulting
Recogidas y entregas de material

Gran disponibilidad de modelos.
Alta variedad de calidades.
Piezas a medida según plano.
Tubos radiantes.
Rodillos.
Parrillas.
Cestones/rodamos.
Muflas/Potes de recocido.
Recuperadores.
Textsual Access, S.L.

Ipsen

Solución total con un único proveedor

Programa de Fabricación:

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

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

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 44
AFE CRONITE 9
ALJU 9
APLITEC 45
ARROLA . . . . . Contraportada 4
BIEMH . . . . . Contraportada 2
BMI 45
BRUKER 44
BÜRGDORF 17
COMERCIAL SATEC 11
CURSO MATERPLAT 7
DEGUISA 44
EMISON 45
ENTESIS 45
FISCHER INSTRUMENTS 46
FLEXINOX 45
HORNOS ALFERIEFF 5
HORNOS DEL VALLÉS 11
HOT 13
INDUSTRIAS TEY 45
INSERTEC 47
INSTRUMENTOS TESTO 47
INTERBIL . . . . . 3 y PORTADA
IPSEN 47
LAND INSTRUMENTS 15
LIBROS TRATAMIENTO TERMICO . 25
METALOGRÁFICA DE LEVANTE . . 46
PROYCOTECME 45
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 46
SOLO 47
SPECTRO 47
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL 47
TECNYMAT 15
WHEELABRATOR 46
WS WÁRMEPROZESSTECHNIK GMBH . . . . . PORTADA

Próximo número

FEBRERO

Hornos de vacío, de campana, continuos, de temple y de revenido. Refractarios. Útiles para hornos. Gases especiales. Atmósferas. Quemadores. Medidas. Control no destructivo. Temperatura. Dureza. Aislamientos. Lubricantes. Fluidos. Medio ambiente.