TRATER Press

FEBRERO 2014 • Nº 39

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

Instalaciones de tratamiento térmico con atmósfera controlada

SOLO Switzerland

www.soloswiss.es

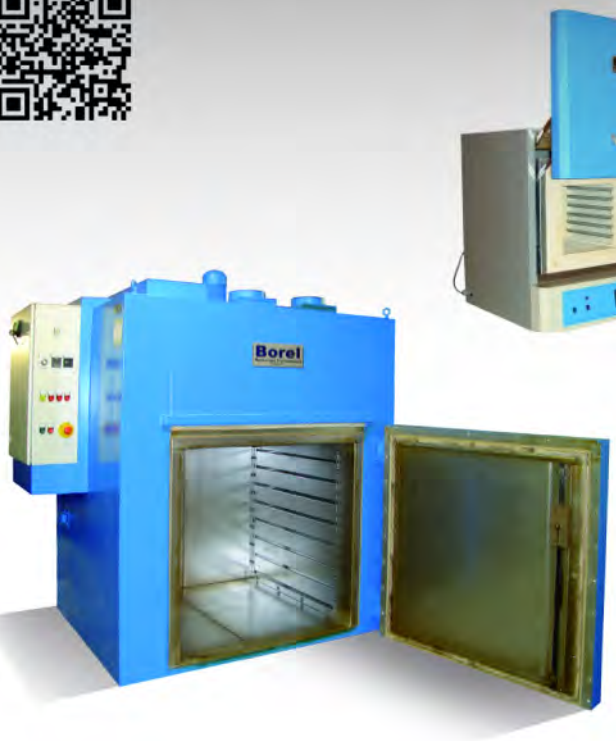
Hornos de campana

Hornos continuos

Hornos estándar y estufas

Borel Standard Furnaces & Ovens Switzerland

www.borel-hornos.com



THINK BIG THINK BIEMH

28 BIEMH

BIENAL ESPAÑOLA
DE MÁQUINA-HERRAMIENTA

2-7 JUNIO 2014

Una gran feria con grandes soluciones para hacer grandes negocios, donde **el expositor es el protagonista.**

BIEMH PREVIEW
PRESENTATION & NETWORKING

Encuentros comerciales
internacionales previos al certamen

Colaboran

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO
EKONOMIAREN GARAPEN ETA LEHIAKORTASUN SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y COMPETITIVIDAD

AIMHE
ASOCIACIÓN DE IMPORTADORES DE MÁQUINA - HERRAMIENTA

Organizan

AFM Advanced Manufacturing Technologies
www.afm.es

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

Nuestra Portada

SOLO Swiss Group fue fundada en 1945 por el Sr. Käsermann y el Sr. Sperisen. SOLO sigue siendo una empresa familiar, gestionada por la tercera generación. La sede se encuentra en Bienne, cerca de Berna en Suiza y tiene las instalaciones de fabricación en Porrentruy y Neuchâtel, Suiza y en Guangzhou, China. SOLO Swiss es uno de los más antiguos fabricantes de hornos en Europa y exporta sus equipos en todo el mundo con una fuerte presencia en Asia.

SOLO Swiss fabrica hornos industriales avanzados para el tratamiento térmico de metales. SOLO Swiss ofrece hornos de atmósfera, los hornos de proceso por lotes, hornos de campana, hornos continuos utilizados en una variedad de procesos de tratamiento térmico (cementación, templado, revenido, recocido, transformación bainítica, nitruración, soldadura, carbonitruración, sinterización, nitrocarburación, oxinitriding, Temple).

SOLO Swiss ofrece dos tipos de hornos:

1. Profitherm hornos de campana. Este tipo único multifuncional de horno de campana y varios tanques de temple, permite una transferencia directa y rápida de la carga del horno al tanque de temple. El diseño modular permite la expansión fácil y permite todo tipo de ambientes y medios de temple.
2. Hornos continuos de atmósfera protectora o tratamiento con gas de enfriamiento o temple en líquidos.

Todos los hornos **SOLO Swiss** están equipados con muflas metálicas aleadas para proporcionar un tratamiento térmico de precisión y disponen de enfriamiento rápido.

SOLO Swiss hornos son muy adecuadas para el tratamiento de las pequeñas piezas metálicas complejas que requieren un tratamiento térmico mejorado y reducción de la distorsión. Las piezas incluyen: muelles, clips, botones, monedas, agujas, ganchos, rodamientos, piezas para la aeronáutica, la cuchillería, la industria de relojes, la micro mecánica, así como, piezas largas para que el horno de campana es la más adecuada. En todos estos campos, los clientes **SOLO Swiss** se encuentran entre los nombres más famosos en estas industrias durante más de 40 años.

SOLO Swiss Group se centra en el servicio al cliente y puede proporcionar un servicio mundial de reparaciones y mantenimiento.

Con más de 120 empleados, **SOLO Swiss Group** es una empresa familiar de tercera generación.

Todos los productos **SOLO Swiss** utilizan Axron control de procesos desarrollado internamente por Axron Suiza Technology SA (www.axron.com), una división del grupo **SOLO Swiss**.

SOLO Suiza es una empresa responsable y comprometida con el desarrollo sostenible, el buen gobierno corporativo y ética empresarial.

SOLO Swiss Group
Hornos Industriales
Telf +41 32 465 96 00 - Fax +41 32 465 96 05
mail@soloswiss.com - www.soloswiss.com

Sumario • Febrero 2014 - Nº 39

Editorial 2

Noticias 4

SOLO Swiss Group consolida su presencia con PROYCOTECME en España y Portugal • Bautermic cumple 35 años • Nuevas cámaras lineales color de Teledyne Dalsa • Air Liquide y ThyssenKrupp Steel Europe • NEVS y RUUKKI colaboran en el nuevo SAAB • ¿Fabrica su empresa piezas que se han de lavar, desengrasar, fosfatar, pasivar o limpiar? • Nueva serie 5 de los terminales de operador PMI • Librerías ePLAN de OMRON • MetalMadrid 2014 • FUNDIEXPO 2014.

Artículos

- Fórum de ARCAS - *Por Juan Martínez Arcas* 11
- 71 Congreso Mundial de Fundición: conocimiento, innovación y futuro 12
- wire 2014 y Tube 2014 14
- Oerlikon Leybold Vacuum inaugura su nuevo centro de logística 16
- La Industria del Metal exige un suministro eléctrico que favorezca su competividad - *Por CONFEMETAL* 18
- Comercial SATEC, S.L. informa 19
- EYHER y Metrología Sariki se integran en la Asociación Cluster HEGAN 20
- Aumenta la producción y exportación de vehículos fabricados en España 22
- Algunas consideraciones sobre los aceros de construcción mecánica y de ingeniería con superficie acabada en frío. [Productos largos calibrados de uso más corriente en la industria del automóvil] - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palaciones Reparaz (†)* 23
- Optimización del tratamiento térmico de una nueva aleación para cilindros de laminación en caliente - *Por Jesús A. García Ferreño, José M. Artímez Encina, Leonel Elizondo Treviño y Beatriz Pejenaute Rodríguez* 34

EMPLEO 43

Guía de compras 44

Indice de Anunciantes 48

Síguenos en

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

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

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

Diseño y Maquetación: **José González Otero**
Creatividad: **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

Como evento del año y a menos de 3 meses de su celebración en Bilbao, el **WORLD FOUNDRY CONGRESS** se presenta como el lugar de encuentro para el sector, con un programa extenso de conferencias y una amplia zona de exposición de compañías.

El sector del Tratamiento Térmico también estará representado allí y algunas compañías estarán presentes. No olvidemos que muchas piezas después de fundidas, deben someterse a un tratamiento térmico.

Según datos y comentarios, parece que el panorama es algo mejor, no para muchas alegrías, pero sí parece que vamos en positivo. Ya es bastante con que no caiga y siga esa línea. Tarde o temprano llegará al resto de la cadena.

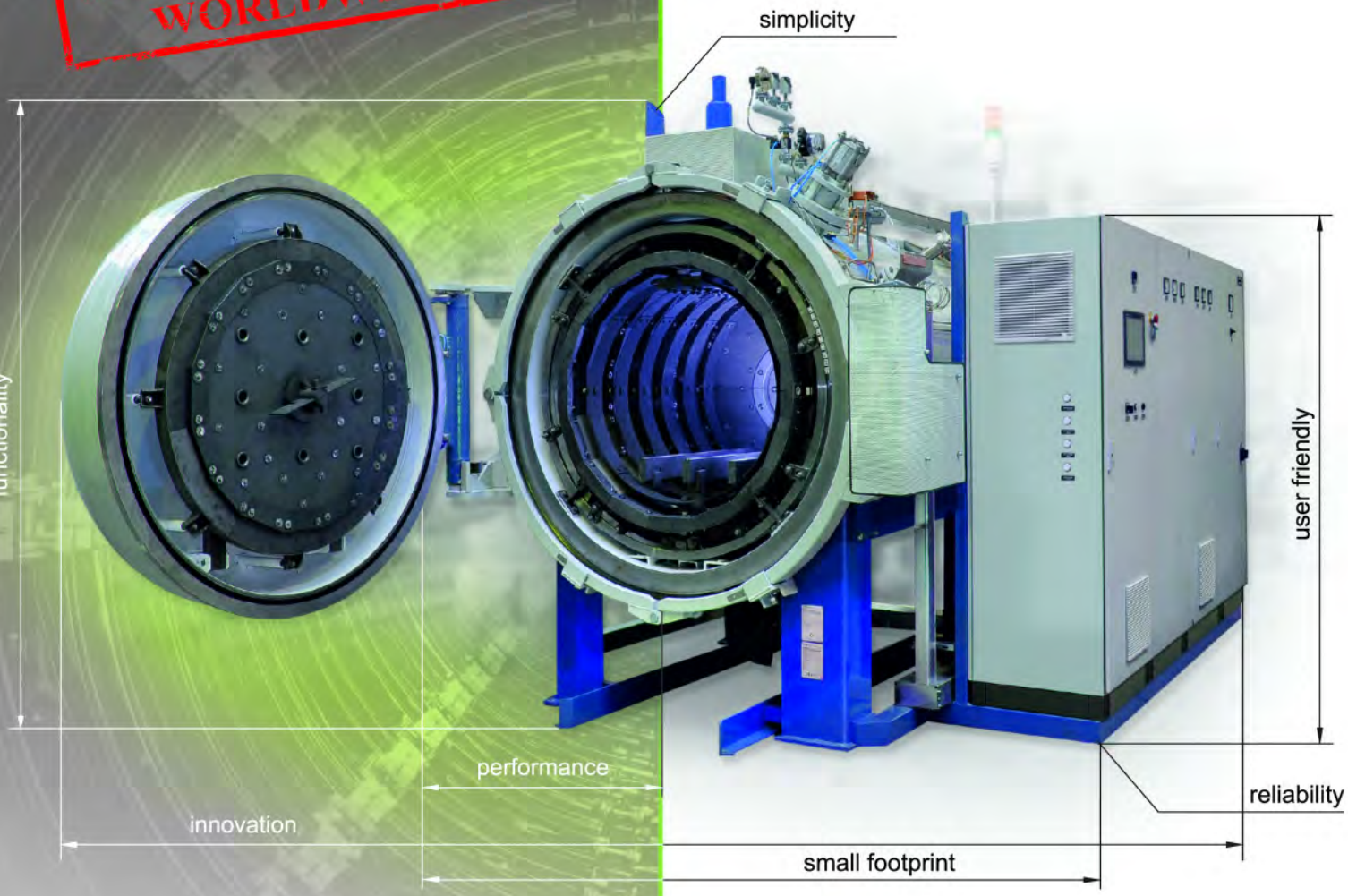
La producción nacional de automóviles durante 2013 ha subido un 9,3% según datos de **ANFAC**. El automóvil es un referente importante para parte de nuestro sector. Que aumenten estas cifras sería también conveniente y otra buena noticia.

Antonio Pérez de Camino

Alto Rendimiento y Calidad a Bajo Coste

INDUSTRY PROVEN WORLDWIDE

Vector
vacuum furnace line



24/7 soporte técnico y tecnológico

HPGQ
Enfriamiento de gas de alta presión

FineCarb®
Cementación en baja presión (LPC)

PreNitLPC®
Alta temperatura LPC

FineLPN®
Nitruración a baja presión

SuperExpanite®
Nitruración y nitrocarburación de acero inoxidable

www.secowarwick.com
vacuum@secowarwick.com.pl

SECO/WARWICK

SOLO Swiss Group consolida su presencia con PROYCOTECME en España y Portugal

SOLO SWISS GROUP afianza a PROYCOTECME como el representante de España y Portugal. De tal modo, PROYCOTECME colabora en las acciones de márketing y el servicio de hornos de tratamiento térmico para SOLO Swiss, los hornos estándar y estufas de Borel Swiss en estos países, con el fin de ofrecer la posibilidad de tener un apoyo más cercano en dichos territorios.

Desde 1945 SOLO Swiss Group ha sido un fabricante de hornos industriales avanzado para el tratamiento térmico de metales. Es uno de los más antiguos fabricantes de hornos en Europa y exporta sus equipos alrededor del mundo con una fuerte presencia en Asia. Los hornos SOLO están particularmente bien concebidos para el tratamiento de piezas complejas metálicas pequeñas, requiriendo un incremento del tratamiento para las más famosas industrias en los campos de la aeronáutica, cuchillería, relojería e industria micro-mecánica.

Borel Swiss fabrica hornos y estufas para todo tipo de procesos térmicos y suministra una amplia gama de hornos estándar, estufas, calentadores y otros tipos de equipos desde 1927.

PROYCOTECME es una compañía fundada en Barcelona desde 1995. Desde sus inicios PROYCOTECME empezó su actividad fabricando resistencias especiales y equipos, pero rápidamente se especializó en la construcción de hornos Industriales. A su vez, se diversificó en la automatización de procesos, con el diseño y fabricación de paneles de control, así como en el mantenimiento y retrofitting de hornos.

Info 2

Bautermic cumple 35 años

Desde que inició sus primeras actividades en 1979 dentro del sector de las tecnologías para el tratamiento de materiales y acabado de superficies, la compañía viene ofreciendo soluciones técnicas en los sectores industriales de: Automoción, ferrocarril, aviación, máquinas-herramientas, moldes, menaje, herrajes, mecanizados, forjados, fundición, tornillería, decoletaje, estampación, tratamientos térmicos, etc., …

Suministrando diferentes tipos de máquinas adaptadas a las necesidades específicas de cada cliente, a su Espacio – Producción – Potencia – Grado de Automatización – Calidades exigidas y Disponibilidades Económicas de Inversión.

Estas máquinas son de tipo:

Lavado y desengrase, cabinas de pintura, estufas hasta 500 °C, hornos hasta 1.250 °C e incineradores.

Info 3

Nuevas cámaras lineales color de Teledyne Dalsa

Teledyne Dalsa lanza al mercado dos nuevos modelos de cámaras lineales con sensor CMOS de la serie Piranha 4, con resolución de 2k y un tamaño de píxel de 14.08 µm:

P4 2k Color: Cámara trilineal Piranha4 Color que proporciona tres colores nativos (rojo, verde y azul) con una mínima separación espacial para obtener una mejor precisión de color. Dispone de funciones avanzadas para un mejor ajuste del color. Está disponible en versión de 40kHz y 70 kHz.

P4-2k RGB+mono: Cámara cuatrilineal que proporciona un canal monocromo adicional a los 3 canales RGB (rojo, verde y azul). Mejora la capacidad de inspección gracias a su avanzada tecnología de sensor y con una velocidad de hasta 70kHz.

Info 4

Air Liquide y ThyssenKrupp Steel Europe

Air Liquide ha fortalecido aún más su posición en Alemania al haber

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**

firmado un importante contrato de suministro a largo plazo con ThyssenKrupp Steel Europe AG en la región Rin-Ruhr, una de las mayores y más dinámicas cuencas industriales de Europa.

El contrato incluye el suministro de 4.600 toneladas al día de oxígeno, nitrógeno y argón, que se suministrarán a las plantas metalúrgicas de ThyssenKrupp radicadas en el núcleo industrial de Duisburgo, la región productora de acero más grande de Europa, que abastece a gran parte de la industria la automoción alemana.

El oxígeno, el nitrógeno y el argón son necesarios en la industria metalúrgica para diferentes aplicaciones, que van desde el enriquecimiento del aire en los altos hornos a los procesos de fabricación de acero al oxígeno. El uso de estos gases ayuda a mejorar la productividad y el rendimiento energético de las acerías a la par que reduce las emisiones atmosféricas.

Los gases se suministrarán a través de la red local de canalizaciones de Air Liquide. Esta red de 500 Km ya da servicio a clientes de las industrias metalúrgicas, químicas y petroquímicas en la región Rin-Ruhr. Se alimenta de las Unidades de Separación de gases del Aire de Air Liquide, incluida la planta de producción de oxígeno más grande de Alemania (con una capacidad de 2.400 toneladas al día) inaugurada por Air Liquide en 2012.

El suministro ininterrumpido de gas por canalización es la forma más fiable y eficiente de suministrar gases a los grandes clientes industriales. El grupo Air Liquide gestiona más de 9.000 km de gaseoductos en todo el mundo.

Info 5

NEVS y RUUKKI colaboran en el nuevo SAAB

Los nuevos vehículos Saab se fabrican en la planta de Trollhättan desde el 2 de diciembre. Los nuevos propietarios, Nevs, producen el modelo 9-3, muy reconocido a nivel internacional, y lanzarán su primer vehículo eléctrico el próximo año. Nevs ha elegido al fabricante de acero Ruukki como uno de sus socios en este nuevo proyecto empresarial. Ruukki suministrará diferentes grados de acero para la carrocería del Saab 9-3.

Ruukki proporciona aceros conformables, aceros de alta resistencia, y también Litec, un acero de ultra alto límite elástico disponible en grados de fase dual o de fase compleja. «Nuestro Litec es prácticamente cuatro veces más resistente que el acero conformable y presenta una capacidad extremadamente alta para absorber energía o evitar la penetración en el habitáculo del vehículo en caso de colisión», explica Jonas Adolfsson, Director de producción, Automoción, en Ruukki. «Con acero de ultra alto límite elástico, es posible reducir el espesor del material y, por lo tanto, fabricar vehículos más ligeros y eficientes en el consumo de combustible sin renunciar al mismo factor de seguridad. En Ruukki nos centramos en desarrollar materiales y aplicaciones que estimulen la fabricación de vehículos ligeros y eficientes energéticamente».

Como proveedor de la industria automovilística, el enfoque que se adopta es tan importante como el material que se suministra.

Para responder a este encargo, Ruukki ha reunido a equipos de especialistas que conocen las expectativas de los clientes y pueden trabajar de forma preactiva.

Ino 6

¿Fabrica su empresa piezas que se han de lavar, desengrasar, fosfatar, pasivar o limpiar?

En casi todas las industrias que fabrican componentes diversos se hace imprescindible tener que eliminar eficazmente cualquier tipo de contaminación superficial, restos tales como: Aceites, taladrinas, pegamentos, desmoldeantes, barnices, fangos, virutas...

BAUTERMIC S.A fabrica una amplia gama de lavadoras industriales equipadas con sistemas automáticos de aspersión de agua caliente que, mezclada con álcalis a media o alta presión, tienen por objeto diluir y eliminar eficazmente cualquier tipo de suciedad.

En una segunda etapa, las piezas, una vez lavadas, son enjuagadas con agua limpia y por último, pasan por una zona final

71ST BILBAO 2014

WORLD FOUNDRY CONGRESS

Advanced Sustainable Foundry

19-21 May 2014 • Euskalduna Conference Centre
BILBAO, Spain

tabira Instituto de Fundición

WFO

IK4 AZTERLAN Research Alliance

OFFICIAL SPONSORS

ASKCHEMICALS We advance your casting

Loramendi

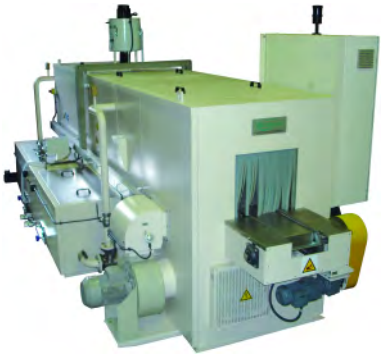
FOSECO

Santander

INDUCTOTHERM GROUP EUROPE

insertec Furnaces & Refractories

HA HÜTTENES-ALBERTUS



en donde se secan a una temperatura regulable, según se precise.

Estas máquinas pueden ser del tipo:

Túneles "LCB", cabinas "LCR", rotativas "LiH", cubas "LiC" y tambores "LTC".

Info 7

Nueva serie 5 de los terminales de operador PMI

Mediante los terminales de operador PMI (Pilz Human Machine Interface) se controlan y visualizan los procesos técnicos.

En la SPS IPC Drives (Núremberg, Alemania) presentan la nueva generación de dispositivos con pantalla táctil resistiva de diferentes tamaños: desde un display VGA de 6,5" hasta el PMI 538 con display XGA de 15", pasando por una pantalla ancha WVGA de 7". Todos los dispositivos se basan en el nuevo módulo de procesador desarrollado con CPU ARM de 1 GHz, trabajan con memorias RAM de 256 MB y memorias Flash de 512 MB y el sistema operativo Windows CE 6.0 Professional.

En las instalaciones equipadas con terminales de operador PMI y controles de Pilz, el concepto de diagnóstico PVIS simplifica la búsqueda de errores en caso de fallos de funcionamiento de la máquina.

Los mensajes de fallo de los sistemas de control PNOZmulti y PSS, del sistema de automatización PSS 4000, de los sistemas de bus seguros SafetyBUS p y SafetyNET p o de Motion Control PMC, se visualizan junto con propuestas concretas para la subsanación de los fallos.

Para la visualización puede utilizarse cualquier software HMI corriente. Además, los terminales de operador PMI de Pilz admiten naturalmente numerosas aplicaciones para Win CE 6 (ARM).

Las ventajas a primera vista:

- Más potencia gracias a procesadores mejorados: ARM 1 GHz.
- Menos consumo de energía.
- Vida útil más larga gracias a retroiluminación LED.
- Transmisión de datos rápida a través de interface Ethernet.
- Made in Germany: diseñado, desarrollado, construido, producido; un producto de calidad alemana.

Info 8

Librerías ePLAN de OMRON

Omron es uno de los proveedores líderes del mundo en dispositivos y sistemas de automatización y control. La compañía fabrica una amplia gama de productos que se utilizan en una gran variedad de aplicaciones que van desde máquinas de packaging para alimentación, bebidas y productos farmacéuticos, a las líneas de producción de vehículos, electrónica de consumo y la industria en general.

Como parte de su continuo compromiso con los clientes, Omron ofrece ahora macros para el sistema de ePLAN. Las macros, que son accesibles a través del servicio online "Data Portal" de ePLAN, contienen datos que permite a los diseñadores hacer "drag&drop" con los esquemas pre-dibujados de componentes Omron en diagramas, planos, flowcharts y otros documentos.

Documentación precisa y puesta al día que puede además generarse de una forma mucho más rápida y sencilla, con traducciones disponibles para aquellas empresas que hacen negocios internacionalmente.

Los dibujos de componentes y sus datos se insertan tal y como se necesite, siendo el sistema el

metalmadrid `14

29-30 OCT'14

SUBCONTRATACIÓN

MAQUINARIA

TECNOLOGÍA

29-30 OCT'14

AUTOMATIZACIÓN

UN AVANCE DE FUTURO

¡¡ Mas del 50 % ya Reservado,
NO te quedes sin Espacio !!

PATROCINAN

Hoffmann Group
The Quality Company

TRUMPF

FUCHS

SCHUNK

ESTE AÑO JUNTO

COMPOSITE SPAIN

COLABORAN

AIRBUS

Talgo

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

ORGANIZA

grupo metalia

I FERIA INDUSTRIAL DE MATERIALES COMPUESTOS

www.metalmadrid.com

comercial@metalmadrid.com

que se encargue de toda la configuración y formato, ayudando a los clientes a reducir costes en la etapa de diseño de un cuadro, mejorando la eficiencia y el tiempo de comercialización.

Con las más de 500 macros de productos Omron ya disponibles en el sistema de ePLAN, que incluyen componentes de cuadro, PLCs, accionamientos y controladores entre otros, así como todos los dispositivos para la Plataforma de Automatización Sysmac, y la ampliación con 3.000 productos más a partir de Abril de 2014, se cubre todo el rango de producto Omron para la automatización industrial, ofreciendo la posibilidad de documentar un proyecto eficientemente con todo detalle.

Info 9

MetalMadrid 2014

MetalMadrid 2014 celebrará su 7ª edición los próximos días 29 y 30 de octubre en el Pabellón 5 de IFEMA, en horario continuo de 10 h a 18:30 h.

Contará en esta edición con 220 stand y casi 10.000 m2 de exposición, por ello, MetalMadrid se ha convertido en una cita imprescindible cada año para miles de empresas industriales.

Además IFEMA, como recinto Ferial de referencia, ofrece inigualables servicios posibles tanto a las empresas que exponen, como a las que visitan la feria.

Un año más, en MetalMadrid se presentarán todas las novedades más significativas en la industria nacional.

Todos los campos de actividad estarán representados en esta nueva edición: Máquina–Herramienta (Arranque y Deformación), Herramientas, Piezas, Componentes y Accesorios, Lubricantes, Subcontratación, Metrología y Control de Calidad, Materiales, Software Industrial, Soldadura, Tratamientos Superficiales, etc.

Es importante señalar que junto a MetalMadrid, se celebran a la vez otras 2 ferias que complementan y enriquecen los sectores que estarán representados, nos referimos a Robomática con empresas de Automatización y Robótica Industrial, y otra que se llama CompositeSpain con empresas que trabajan el sector de los materiales compuestos y alta tecnología.

Info 10

FUNDIEXPO 2014

La región Norte de la Sociedad Mexicana de Fundidores, es el orgulloso anfitrión del XIX Congreso y Exposición Internacional de la Industria de la Fundición FUNDIEXPO 2014, el cual se llevará a cabo en la ciudad de Monterrey, en las instalaciones de CINTERMEX los días 24, 25 y 26 de septiembre de 2014.

FUNDIEXPO es el evento líder de la Industria de la Fundición en aquel país, donde se reúnen los proveedores de Maquinaria y Equipo, Moldeo, Tratamientos térmicos, Materias Primas, Ecología, Automatización e Insumos, así como consumidores de piezas fundidas.

Por primera vez, cuenta con un Pabellón de Fundidores, en donde mostrarán algunas de sus piezas fabricadas, además de sus procesos y servicios; teniendo la oportunidad de contactar a clientes potenciales tanto nacionales como internacionales.

Además el Congreso incluye conferencias técnicas de contenido teórico y práctico de los siguientes temas: Aleaciones ferrosas y no ferrosas, procesos de moldeo y fusión, tratamientos térmicos y procesos de acabado, innovaciones en el procesamiento de piezas fundidas, Simulación por métodos numéricos, seguridad y sustentabilidad.

Info 11

Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas

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

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

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

Aliminuros de Hierro

Seguimos con este interesante tema de los materiales alternativos, compuestos intermetálicos.

En esta ocasión vamos a ver los Aluminuros de Hierro y cuyas propiedades más interesantes son la elevada resistencia a la oxidación y a la sulfuración a altas temperaturas, debido a la formación de una capa protectora de alúmina (Al2 O3).

La densidad de estos intermetálicos está comprendida entre 5,49 a 6,68 g/cm3 y que como sabemos, es un 30% inferior a las de las superaleaciones comerciales de base Ni.

A pesar de los intentos por parte de algunos laboratorios en investigar su aplicación hasta 650 ºC, aparecieron los primeros problemas al ser muy frágiles a temperatura ambiente. Este comportamiento sorprendió ya que ambos compuestos poseen cinco sistemas de deslizamiento independientes.

Más recientemente otros estudios reflejan que el límite elástico y el endurecimiento aumenta a medida que lo hace el contenido de aluminio, pero disminuye la ductilidad a medida que aumenta el tamaño de grano, pero también se sabe que con la adición de B aumenta la ductibilidad del Fe-40Al al reforzar las fronteras de los granos.

Actualmente son pocos los estudios disponibles sobre los mecanismos de deformación de estos intermetálicos a alta temperatura, lo que sí se sabe es que la resistencia aumenta a medida que disminuye el tamaño de grano.

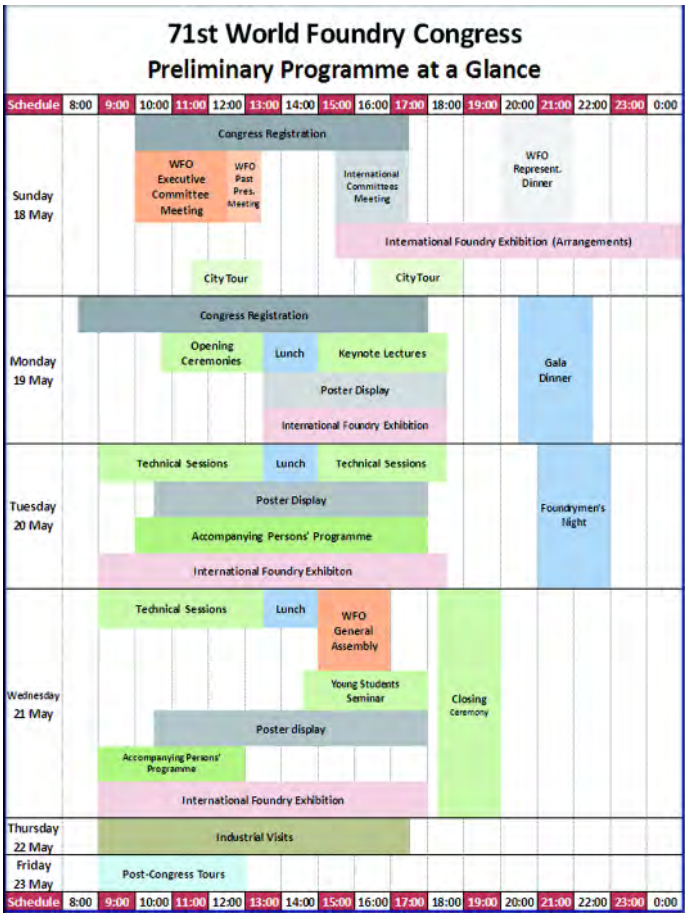
Son varios los autores que sugieren que el reforzamiento de fronteras de grano del tipo Hall Petch, es importante hasta temperaturas de 0,75 Tf que es lo habitual en los metales y la fluencia parece estar controlada por el flujo vistoso de dislocaciones, ya que no se observan sub-granos.

La resistencia a la fluencia del Fe3Al es muy baja, incluso a temperaturas moderadas asociándose a la estructura cristalina, relativamente abierta, de estos intermetálicos.

Nota: En el próximo número de la revista aclararemos los conceptos de aplicaciones más prometedores de los “OTROS INTERMETÁLICOS”.

71 Congreso Mundial de Fundición: conocimiento, innovación y futuro

El 71 Congreso Mundial de Fundición se celebrará en la ciudad de Bilbao entre el 19 y el 21 de mayo de 2014 bajo el lema "Advanced Sustainable Foundry".



El principal evento a nivel mundial del sector de fundición, contará con la participación de más de ochocientos expertos, profesionales e investigadores. El Congreso, representa una oportunidad inmejorable para empresas, centros tecnológicos, universidades y profesionales para tejer redes de trabajo a nivel internacional.

De periodicidad bianual, el evento cuenta con un programa técnico de tres días de duración, donde reconocidos expertos internacionales impartirán cuatro Conferencias Magistrales en áreas de medio ambiente, energía, innovación y tendencias de mercado y demanda.

Las Sesiones Técnicas representan la esencia y la identidad del Congreso, que fue fundado en 1927 con el objetivo de intercambiar y de difundir conocimiento técnico desde y para la industria de fundición. Este propósito se ha mantenido en el tiempo y

ha estado presente en todas sus ediciones. El espíritu continuará en Bilbao, donde los últimos desarrollos y avances tecnológicos más relevantes, serán presentados en un amplio abanico de temáticas relacionadas con la industria.

El 71 Congreso Mundial de Fundición acogerá por primera vez la participación activa de jóvenes investigadores y doctorandos, quienes compartirán el resultado de sus trabajos en el programa técnico. Asimismo, el Comité Organizador coordinará la celebración de un Aula de la Experiencia, un espacio que posibilitará la interacción entre estudiantes de diferentes países.

La Feria Internacional de Fundición

La Feria Internacional de Fundición contará con los últimos desarrollos tecnológicos y de aplicaciones de empresas nacionales e internacionales, que componen las diferentes familias de la industria de fundición. La muestra ofrecerá un marco inmejorable para exponer ante una audiencia universal. Las Misiones Comerciales Inversas –presencia de compradores internacionales– actuarán como punto de encuentro para compañías y agentes principales de la industria. Del mismo modo, las Visitas Industriales permitirán a los asistentes obtener un profundo conocimiento sobre las capacidades y las potencialidades de la estructura industrial del país.

El Programa Social incluirá las ceremonias de apertura y de clausura, la Cena de Gala y la Noche del Fundidor, acto tradicional que se celebrará en el museo Guggenheim, además de una serie de actividades que formarán parte del Programa para Personas Acompañantes.

Los Tours Post Congreso serán una oportunidad excepcional para acercarse al patrimonio cultural del país. Itinerarios especialmente seleccionados ofrecerán a los participantes diferentes alternativas en zonas de interés como son Euskadi, Andalucía, Cataluña, Comunidad de Madrid y las Islas Canarias, entre otros.

Un detallado programa provisional del 71 Congreso Mundial de Fundición se encuentra disponible.

wire 2014 y Tube 2014

El Parque Ferial de Düsseldorf volverá a ser del 7 al 11 de abril de 2014 el lugar en el que se den cita los profesionales y expertos de todo el mundo, para participar en las que son verdaderamente las ferias de referencia de sus respectivos sectores: wire, la Feria Internacional Profesional del Alambre y el Cable; y Tube, la Feria Internacional Profesional del Tubo. Alrededor de 2.500 expositores presentarán en 15 pabellones sus innovaciones para la industria del alambre, el cable y el tubo: acudir a estas ferias profesionales será, por ello, obligación inexcusable de cuantas personas o empresas desempeñen un papel en esos sectores.

El sector del alambre y el cable se reunirá en torno a wire en los pabellones 9 - 12 y 15 - 17, mientras que el sector del tubo lo hará en torno a Tube en los pabellones 1 - 7.0 y 7a. De la celebración paralela de ambas ferias se seguirán para todos los sectores valiosos efectos de sinergia.

Quien presente en wire y Tube sus avances técnicos y las tecnologías más actuales convencerá a sus potenciales clientes: las empresas tienen buenas razones para esperar la formalización de interesantes operaciones.

La crisis financiera producida al final de la pasada década también afectó de lleno al sector del alambre, pero no es menos cierto que la actual tendencia ascendente de la coyuntura ha revitalizado el negocio: la producción vuelve a funcionar a toda máquina. La industria del alambre tiene en el punto de mira especialmente a países emergentes, como China, Brasil y la India. Lo mismo cabe decir también de los países árabes.

Ese sector depende tanto para bien como para mal sobre todo de la evolución de las industrias automovilística y de fabricación de maquinaria, ya que éstas son las principales compradoras de productos de alambre. Sin embargo, como es natural, también el sector energético y el de las telecomunicaciones continúan siendo de gran importancia para los fabricantes de alambre.

Los productores de tubos de acero fabricaron en 2012, con aproximadamente 150 millones de toneladas, más tubos de acero que nunca. Ese récord se debe sobre todo al persistente crecimiento de la producción en China, donde la fabricación de tubos de acero se incrementó en un 11% hasta los 74 millones de toneladas. De esa forma, la participación de China en la producción mundial de tubos de acero se elevó hasta el 49,5%.

Pero también en el resto del mundo aumentó la producción de tubos de acero, concretamente en un 2,3% hasta quedar muy cerca de los 76 millones de toneladas. Sin embargo, a causa de la debilidad de la demanda procedente del sur de Europa, la producción de la Europa de los 27 –pese al incremento de la demanda de terceros países– se contrajo de 14,1 a 13,8 millones de toneladas. Cabe esperar, no obstante, que gracias a las medidas adoptadas por los distintos Estados, se reduzca a medio plazo el impacto negativo de la crisis financiera y de endeudamiento público que afecta a Europa y a EE.UU.

La demanda mundial de petróleo y gas, y el aprovechamiento de yacimientos no convencionales de esos mismos combustibles mediante el fracking, seguirán impulsando en los próximos años la demanda de tubos de acero. Es muy probable que ésta se vea incrementada, asimismo, por la previsible continuación del proceso de ampliación y mejora de las infraestructuras de los países emergentes, especialmente China.

Quien esté informado y disponga de buenos contactos podrá participar en el éxito de esos sectores. Estas ferias profesionales wire 2014 y Tube 2014 servirán de ayuda para ello tanto a los expositores como a los visitantes.

Alambre y cable: aspectos centrales de la oferta en 2014

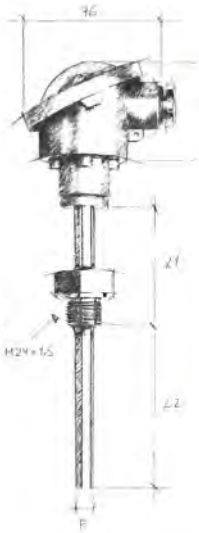
wire 2014 será el punto de encuentro por excelencia para todo lo relacionado con el alambre y el cable. Se han producido numerosas innovaciones en la maquinaria empleada para la fabricación y el tratamiento del alambre. Los expositores presentarán herramientas y materiales auxiliares del campo de la técnica de procesos y de la maquinaria de fabricación de muelles y de elementos de unión, así como en lo que respecta a los materiales, los alambres especiales y los cables. Se mostrarán asimismo procedimientos técnicos de medición, regulación y control, sin olvidar las tecnologías de ensayo y las empleadas en diversos campos especiales de aplicación. También se presentarán máquinas de soldadura de malla.

Novedad en 2014: maquinaria de soldadura de malla, pabellón 16

En 2014 la maquinaria de soldadura de malla se presentará en wire concentrada por primera vez en una superficie de 2.000 m² en el pabellón 16, y ya no repartida entre varios pabellones. De esa forma se expondrán juntos toda una serie de productos, que no en vano ya están estrechamente relacionados entre sí.

FABRICACIÓN SENSORES DE TEMPERATURA

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



LABORATORIO CALIBRACIÓN in situ

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

SCI Suministro y Calibracion Industrial s.l.

www.sciempresa.com

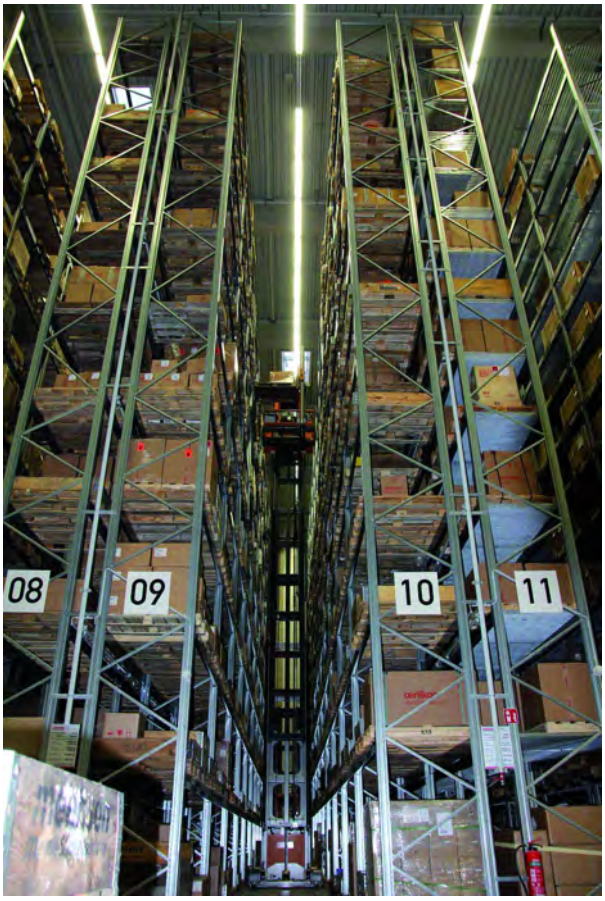
Ribera de Axpe 11, D2, L203, 48950 Erandio - Vizcaya • Tel. +34 944765276 • Fax: +34 944766021 • e-mail: sci@sciempresa.com

Oerlikon Leybold Vacuum inaugura su nuevo centro de logística

Oerlikon Leybold Vacuum, uno de los fabricantes más importantes de alta tecnología para bombas y sistemas de vacío, abrió a principios de este año su nuevo y moderno centro de logística en su planta de Colonia (Alemania). Diseñado por la empresa de planificación Dr. Schönheit + Partner, el edificio fue construido por la constructora Günther GmbH & Co. KG de Netphen (Alemania). Este nuevo edificio es el centro de logística principal responsable de suministrar los productos directamente a Producción y de controlar el flujo de bienes internacionales desde Oerlikon Leybold Vacuum a los clientes y filiales en todo el mundo.

Ubicado en el centro de las instalaciones de Producción, este edificio cuenta con algunas novedades técnicas reduciendo distancias internas y el tiempo de almacenamiento de los materiales entrantes, por lo tanto reduciendo también el tiempo de entrega de los productos. En un período de construcción de menos de un año, 13.000 toneladas de hormigón y 570 toneladas de acero reforzado fueron utilizados para crear un espacio cerrado de 59.000 metros cúbicos.

El edificio de tres plantas incluye un sótano con sala de máquinas y un tanque de aspersión. En la planta baja se encuentra el almacén entero con un almacén automático de piezas pequeñas, un almacén de pasillos estrechos, y un almacén de palets grandes, así como áreas funcionales como un hall de entrada con sala de espera y áreas de recolección y aprovisionamiento. La administración está



alojada en la planta superior con una superficie de más de 450 metros cuadrados.

La construcción del edificio incluye una peculiaridad: el antiguo cauce del Rin había dejado en esta

zona una tierra arenosa, tipo de tierra que necesitaba una preparación detallada y cuidadosa para los cimientos.

Además, antiguos cimientos y sótanos fueron cimentados, lo cual ha necesitado una preparación extra del suelo para la construcción del edificio mismo y de la losa del suelo. Finalmente, para permitir que las carretillas elevadoras puedan trabajar a altas velocidades en la parte del almacén de pasillos estrechos, la llanura de la losa del suelo tenía que cumplir con unos requisitos excepcionalmente altos.

"Este proyecto fue profesionalmente y logísticamente muy exigente para nosotros, pero debido a nuestra larga experiencia en la construcción de edificios industriales y comerciales, así como nuestro personal muy competente, hemos sido capaces de gestionar el proyecto, una vez más a la plena satisfacción de nuestros clientes", explica el Sr. Siebel, Director Ejecutivo de la empresa de construcción Günther GmbH & Co. KG.

A pesar de las difíciles condiciones meteorológicas durante el invierno 2012/2013, la compañía de construcción Günther fue capaz de cumplir con todas las fechas límites sin ningún retraso, para que podamos trasladarnos al nuevo edificio en el mes de noviembre, pudiendo ser operativos desde este mismo momento.

La Industria del Metal exige un suministro eléctrico que favorezca su competitividad

Por CONFEMETAL

En su último Informe de Coyuntura Económica y Laboral, la Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal, CONFEMETAL exige un suministro eléctrico que favorezca la competitividad de la Industria, y que no haga inútiles los esfuerzos que las empresas vienen haciendo para racionalizar el consumo, asegurar el suministro, incorporar fuentes energéticas más limpias y seguras, y reducir el impacto de su coste en el precio final del producto.

El precio y la fiabilidad del suministro energético son factores decisivos de competitividad, muy especialmente para las empresas exportadoras, que, desde hace décadas, vienen mejorando su eficiencia energética. Sin embargo, según CONFEMETAL, ese esfuerzo no ofrece los resultados esperados porque no va acompañado por una regulación administrativa y fiscal, acorde con la importancia de la energía para la Industria y con la relevancia de la propia Industria en el conjunto de la economía española.

La Industria sufre un continuo aumento de los costes regulados de la energía que ya suponen, dependiendo del segmento de actividad, entre el 30 y el 60 por ciento de la factura eléctrica, lo que está provocando una fatal pérdida de posiciones en los índices de competitividad internacionales, y en última instancia deslocalizaciones, desinterés de los inversores y pérdida de tejido industrial.

El suministro industrial exige un acuerdo institucional que aporte estabilidad y predecibilidad al mercado eléctrico, y precios que permitan competir, atraer inversiones y crear empleo, efectos que no ha producido ninguna de las reformas introducidas hasta ahora en el sistema.

Que los peajes para la industria incluyan estrictamente los costes, potenciar los contratos bilaterales de energía eléctrica para consumidores intensivos en energía y aumentar la seguridad jurídica y la estabilidad regulatoria, son algunas de las medidas esenciales que han de adoptarse.

Junto a ello, CONFEMETAL señala que la apuesta en energías renovables debe centrarse en tecnologías maduras, en la investigación y el desarrollo de las que en el futuro, puedan convertirse en pilares de una industria nacional de energías renovables, seleccionando aquéllas en la que realmente existan ventajas competitivas. Paralelamente, se han de revisar las primas al régimen especial en función de esa evolución tecnológica y de sus posibilidades de contribuir a la seguridad y a la competitividad del sistema.

Asimismo, se ha de mejorar el funcionamiento de los mercados energéticos y de las propias instalaciones, definir un mix de generación equilibrado que no excluya ninguna tecnología, incluida la nuclear y que huya de maximalismos con tecnologías concretas, e implantar un sistema eléctrico altamente gestionable que integre todas las tecnologías. Para que el sistema eléctrico cumpla su función, toda la cadena energética debe ser sostenible en su conjunto, desde el aprovisionamiento hasta el consumo, y ha de evitar los déficits que distorsionan el mercado y perjudican la eficiencia.

Incentivar la gestión de la demanda para aplanar las curvas, elaborar un plan de fomento de redes inteligentes e incrementar la interconexión internacional eléctrica y gasista, son otras actuaciones que contribuirían a resolver la situación de incertidumbre y falta de transparencia que tanto está perjudicando a las empresas industriales.

ComerciaL SATEC, S.L. informa

Queremos informar que Comercial SATEC, S.L. es desde el pasado mes de septiembre de 2013 el representante general en España del Grupo CIEFFE FORNI INDUSTRIALI Spa, fabricante italiano de hornos e instalaciones de tratamiento térmico industrial.

SATEC, que está en el mercado español del tratamiento térmico desde hace más de 40 años, ofreciendo soluciones para tratamiento térmico industrial, también representa al grupo alemán BURGDORF/NÜSSLE/OSMIROL, fabricante líder de pinturas protectoras anticementantes y antinitrurantes así como fluidos de temple de alto rendimiento. También a la empresa HSH Härterei de Alemania, suministradores de servicios, repuestos y reparaciones de hornos de tratamiento.

La calidad, profesionalidad y competencia, es a lo que la empresa Cieffe Forni Industriali Spa, ha estado dirigida, y el motivo por el que ha conseguido sobresalir, en el mercado mundial de la ingeniería, fabricación e instalación de tecnología de plantas de tratamiento térmico. La empresa, fundada por técnicos con una amplia experiencia en este campo, mantiene su posición en el mercado durante más de 20 años y ha desarrollado sistemas muy importantes, con soluciones tecnológicas avanzadas, en lo que se refiere al campo del tratamiento metalúrgico.

La satisfacción del cliente siempre ha sido el centro impulsor, en el que se basan todas las estrategias de CIEFFE, y que le ha reportado, gracias a una red de empresas interconectadas, una gran especialización para ofrecer a los clientes servicios caracterizados por la funcionalidad, fiabilidad y rentabilidad económica. Una estrategia que ha llevado a CIEFFE, a incrementar sus diferentes áreas de mercado, para convertirse en un importante proveedor de la industria del automóvil, en el campo de los engranajes, tuercas y tornillería en general, así como industrias oleo-hidráulicas, maquinaria textil, forja, enfriamiento y calentamiento, y lo que concierne en general a la construcción de moldes y mecánica de precisión. CIEFFE cuenta entre sus clientes con un gran número de empresas líderes en los diferentes sectores industriales.

Gracias a un equipo técnico altamente preparado y formado, CIEFFE puede ofrecer un servicio completo y en fechas.

El rango de productos ofrecido por CIEFFE incluye:

- Hornos de cámara LLF, con los complementos relacionados, como hornos de revenido, lavadoras, cargadoras, estaciones de almacenamiento, etc.
- Hornos NCV, plantas de nitruración horizontal.
- Hornos de vacío para cementación a baja presión y nitruración.
- Líneas de tratamiento contínuas FNC/TT, para temple, revenido y carbonitruración.
- Plantas para tratamientos especiales en varias tipologías de construcción: empuje, campana, hornos rotatorios, etc.
- Hornos de fosa.
- Generadores de gas.
- Software para control de los hornos y líneas automáticas.

EYHER y Metrología Sariki se integran en la Asociación Cluster HEGAN

Relacionadas con el sector aeronáutico desde hace más de una década, las compañías guipuzcoanas EYHER y Metrología Sariki se han integrado en la Asociación Cluster de Aeronáutica y Espacio HEGAN, con el objetivo de potenciar su actividad en este sector. Las dos sociedades abordan actualmente proyectos de gran calado junto a otros socios.

EYHER y Metrología Sariki se han asociado en HEGAN tras plantear su candidatura como socios colaboradores al Comité de selección y una vez confirmadas en el último Comité ejecutivo. Los dos nuevos socios proyectan así mejorar su posicionamiento en el sector, obtener sinergias con compañías del cluster e iniciar proyectos de I+D en cooperación, entre otros objetivos. A su vez, su aportación al sector se concretará en el conocimiento de aplicaciones que mejoren la competitividad global de esta industria.

Metrología Sariki: Proyecto con ITP

Metrología Sariki desarrolla su actividad de proveedor integral de soluciones de medición dimensional, con más de 20 años de experiencia en los mercados español y portugués. Integrado dentro del Grupo Unceta, Sariki está especializado en la consultoría de sistemas de medición, suministro de equipos, formación de usuarios, soporte a clientes (asistencia técnica de hardware y de software), metrología y en el diseño e implantación de proyectos de ingeniería de medición.

En aeronáutica, sus equipos y servicios se aplican en la ins-

pección de álabes de turbina, el posicionado y la metrología de grandes volúmenes, la inspección de componentes de avión o el seguimiento de instrumentos de terceros, entre otros.

Vinculado a la industria aeronáutica desde hace años, Metrología Sariki abordará próximamente un proyecto de carácter estratégico de metrología junto a ITP en los dos próximos años. El acuerdo convertirá a la empresa de Elgoibar en proveedor estratégico global del fabricante de turbinas aeronáuticas dentro del área de metrología y le permitirá desarrollar el crecimiento en este sector.

Con una facturación de 6,5 millones de euros en 2013 –y un crecimiento del 18% con respecto al año anterior–, Metrología Sariki cuenta con una plantilla de 40 personas. Actualmente, el 15% aproximadamente de su cifra de ventas procede del sector aeronáutico y la compañía se plantea aprovechar las oportunidades planteadas por el sector aeronáutico a corto y largo plazo, para crecer y ofrecer soluciones de técnicas más integradas en las líneas de producción de los fabricantes, que permitan mejorar la competitividad del sector.

EYHER: Equipos para Airbus y Embraer

EYHER centra su actividad en el diseño, desarrollo y fabricación de maquinaria a medida para el movimiento de cargas (girar, voltear, volcar, subir y bajar), ergonomía industrial y trabajos en altura, adaptando la solución a las especiales características de cada necesidad y a la normativa técnica y de seguridad.

En la fabricación de aviones, EYHER colabora mediante el suministro de plataformas elevadoras para trabajos en altura, que se adaptan al perfil de la pieza; así como carros motorizados capaces de transportar las partes de los aviones y los útiles de fabricación dentro de la cadena de producción; volteadores de plantillas de fabricación para evitar el uso de puentes grúa; o posicionadores de soldadura, que permiten realizar soldaduras críticas en posiciones difíciles.

La compañía se acaba de adjudicar un proyecto con una empresa de ingeniería para fabricar equipos que se implantarán en las líneas de producción de Airbus y Embraer.

Con una plantilla de 26 personas, EYHER factura 3,5 millones de euros, con aproximadamente el 30% de su facturación originado en aeronáutica, donde está presente desde hace casi 20 años.

HEGAN

Con estas nuevas incorporaciones, la Asociación Cluster HEGAN pasa a contar con 40 entidades: Aernnova, Grupo ITP y SENER como miembros fundadores; las compañías y grupos empresariales Aciturri, Aeromec, Aerospace Engineering Group, Aerovision, Aibe, Alestis, Alfa Precision Casting, Altran, Aratz, Astorkia, Ayzar, Burdinberri, Burulan, Danobat, DMP, EYHER, Electrohilo, Grupo TTT, Industrias Galindo, LTK Grupo, Matrici, Mesima, Metraltec, Metrología Sariki, Nivac, Novalti, Nuter, Orbital Aerospace Systems, Siegel, Sisteplant, Tecnasa, Tey, Tamoin y WEC; y las organizaciones tecnológicas CTA, Tecnalia e IK4.

En 2012, los miembros de la asociación registraron una facturación global de 1.584 millones de euros, con un crecimiento del 11,6% respecto al año anterior, y un aumento del empleo del 4,1% para todos los centros de las empresas de HEGAN, situándose en 12.059 los puestos de trabajo generados de forma directa por el sector.

Aumenta la producción y exportación de vehículos fabricados en España

Según publica Carlos Cancela en "El Confidencial " días atrás, el año 2013 se ha cerrado con unas cifras muy buenas de producción y exportaciones de automóviles de turismo y vehículos comerciales, y las previsiones para este año que empieza son aún mejores. La producción ha crecido en 2013 un 9,3% hasta totalizar 2.163.338 vehículos, mientras que las exportaciones han experimentado un crecimiento del 8,7%% hasta los 1.879.974 unidades, según los datos facilitados por ANFAC, la asociación de fabricantes.

Al anunciar los datos de 2012, hace ahora un año, ANFAC ya habló de una previsión para 2013 de un 10% de crecimiento en la producción. Y la verdad es que se podría haber complicado mucho lograr este buen resultado por la mala situación de los principales mercados europeos, clientes naturales de las marcas instaladas en España para sus exportaciones.

La buena cifra de producción se ha debido, principalmente, al incremento de la demanda interna gracias a la puesta en marcha de los planes de ayuda, los PIVE y PIMA Aire. Pero también a la apertura de nuevos mercados de exportación de los coches "Made in Spain". Y los más importantes son México, Estados Unidos, Argelia, Turquía o Marruecos. Gracias a estos mercados "nuevos" España exportó en 2013 casi 1,9 millones de unidades. Y de ellos ya más de un 20% se destinan a mercados de fuera de Europa.

Todas estas buenas cifras del sector automovilístico español tienen su espejo en la balanza comercial. Hasta el mes de noviembre, según los últimos datos disponibles, el superávit comercial de los fabricantes de vehículos supera ya los 15.000 millones de euros, lo que supone un crecimiento de un 16,5% con respecto a la cifra del mismo periodo del año anterior.

En cuanto al valor de las exportaciones del sector, en el que se incluyen no solo los vehículos completos sino también los componentes, alcanza los 34.000 millones de euros. Con ello se impulsa claramente la balanza comercial de España, que en 2013 por primera vez desde hace veinte, años se cerrará en positivo.

El único aspecto negativo a la hora de analizar el sector de automoción son las ventas de coches nuevos que, pese a que han aumentado con respecto al año anterior, siguen muy por debajo de lo que sería un valor razonable para la economía española y para su PIB, en torno a 1,2 millones de vehículos. El año 2013 se ha cerrado con 722.000 vehículos matriculados en España.

Si se analizan las cifras de producción, el que mejor comportamiento tuvo fue el sector de turismos, con un crecimiento en 2013 de un 11,69%, mientras que los vehículos industriales lo hicieron en un 6,42%. Por el contrario los todoterreno cayeron un 37% pero sobre unas cifras ya muy bajas. Y es que cada día se hacen y se venden menos todoterreno.

En cuanto a exportaciones, igualmente los turismos españoles son los que mejor aceptación han tenido en los mercados exteriores, con un crecimiento en 2013 de un 12,58%, mientras que los vehículos industriales sólo lo hicieron un 1,19%. Y nuevamente los todoterreno son los que más caen, con un 37% de caída, pero totalizando durante el año 2013 sólo 34.000 unidades.

Algunas consideraciones sobre los aceros de construcción mecánica y de ingeniería con superficie acabada en frío.

[Productos largos calibrados de uso más corriente en la industria del automóvil] (Parte II)

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

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS ACEROS CALIBRADOS TENIENDO EN CUENTA SU MECANIZADO

La elección del acero calibrado, respecto al mecanizado y grado de acabado de la pieza correspondiente, se realiza en base: (1) a la cantidad o volumen de la viruta a arrancar en el mecanizado de la pieza; (2) a la tolerancia dimensional requerida; (3) a la naturaleza de los defectos superficiales tolerados según norma; (4) a las características mecánicas de la pieza en servicio; y (5) a la severidad y grado de control de las piezas acabadas.

Aceptando que la elección del acero se realiza en la fase de proyecto de las piezas, y según las características mecánicas requeridas en su trabajo en servicio; el ciclo de fabricación que se aplique en el hechurado y puesta en forma de las piezas puede influir, también, en el acero a utilizar. El tipo de mecanizado es un elemento importante a considerar en esa fase de selección.

La utilización de **aceros de fácil maquinabilidad** y **aceros de maquinabilidad mejorada**: aceros al azufre (**S**), aceros al plomo (**Pb**), aceros al bismuto (**Bi**), aceros al selenio (**Se**), aceros al teluro (**Te**), aceros al calcio (**Ca**), etc.; pueden resolver problemas de mecanizado particularmente difíciles; por ejemplo en aquellas piezas que se han de mecanizar a partir de barras bonificadas, como es el caso de los aceros de maquinabilidad mejorada.

Los **aceros resulfurados**, denominados así por la presencia de cantidades de azufre *–en forma de sulfuros–* controladas (**S** = 0,020 ÷ 0,035%). Estos aceros presentan bajas características mecánicas transversales.

El empleo de los **aceros** al **plomo** o al **bismuto** están particularmente aceptados por el efecto típico del elemento plomo o del bismuto (**Pb/Bi =** 0,30%) en la fragmentación de la viruta, y por la reducción del rozamiento o fricción entre la pieza y la herramienta de corte. El plomo o el bismuto, presente en el acero, están en forma de partículas submicroscópicas finamente dispersas en toda la masa matricial del material, y que alcanzan el estado viscoso a la temperatura de corte. Estas partículas actúan como lubrificante interno en el mecanizado, permitiendo alcanzar altas velocidades de corte.

En los **aceros con selenio** y en los **aceros con teluro**, con la adición de estos elementos (**Se**, **Te**) en cantidades muy precisas, se consigue que los sulfuros de manganeso –**MnS**: *sulfuros que en los aceros con sólo azufre y/o plomo son principalmente de forma alargada–* se mantengan en forma globular a lo largo del proceso de laminación del acero.

El resultado de la globulización de los sulfuros, es la consecución de mejoras de productividad en el mecanizado *–un incremento de hasta un* 30%–, y el aumento del rendimiento de corte de la herramienta; multiplicando por dos o por tres la vida útil de la misma.

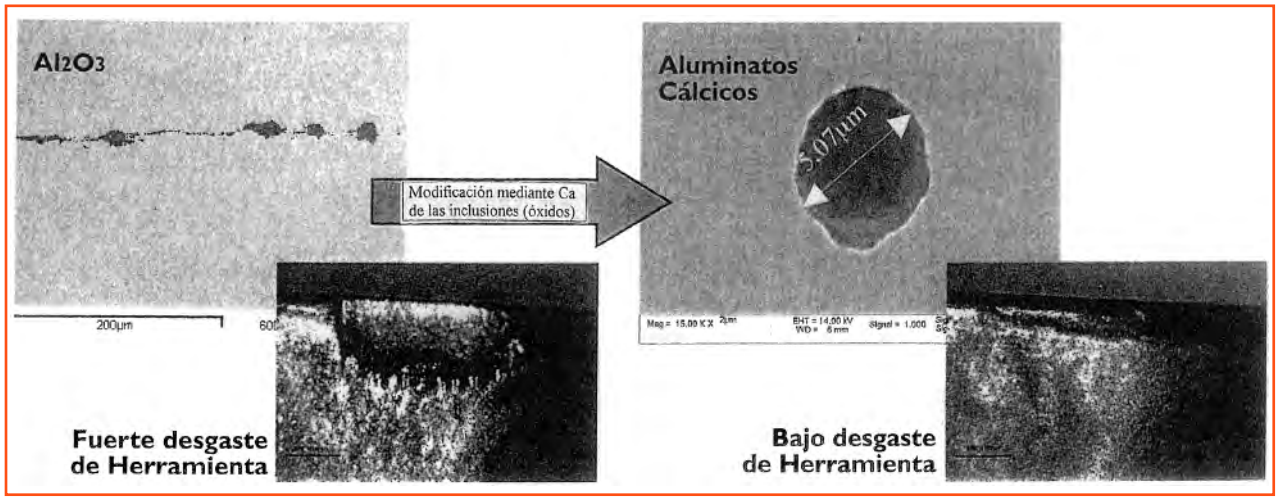


***Figura 6**. Modificación de la composición y estructura de las inclusiones de óxidos duros (**Al_2O_3**) mediante el tratamiento de calcio (**Ca**) del acero líquido. Se ablandan las inclusiones duras y se reduce la abrasión sobre las herramientas de corte, mejorando la aptitud de mecanizado a altas velocidades.*

Los **aceros al calcio**, pertenecen al grupo de los llamados **aceros de maquinabilidad mejorada***. Se caracterizan por su proceso de elaboración, que prevé la desoxidación con calcio (**Ca**) del acero líquido. El calcio provoca una modificación de las inclusiones más abrasivas: –*alúminas*– reduce, así mismo, su número y las hace más pequeñas. Este conjunto de modificaciones facilita el mecanizado y también la duración del filo de la herramienta; **figura 6**.

Además del efecto modificador de inclusiones que el calcio provoca, se produce al mismo tiempo una mayor decantación de las mismas y se consiguen a la vez aceros más limpios.

Según el tipo de mecanizado, los **aceros al calcio** se suministran en dos versiones:

- **Aceros para mecanizado a media y alta velocidad**: torneado, refrentado, etc. La mejora de la productividad puede alcanzar hasta un 30%, o en su lugar la duración de las herramientas puede multiplicarse por cuatro.

- **Aceros para mecanizado a baja y media velocidad**: fresado, brochado, tallado, etc. La mejora de la productividad puede alcanzar hasta un 20%, o en su lugar la vida de la herramienta se pude multiplicar por tres.

En ambos casos se produce el efecto complementario de un acabado superficial más fino, de la pieza que se mecaniza.

Un acero de buena maquinabilidad se caracteriza por el hecho de permitir un incremento en los parámetros de corte –*velocidad* y/o *avance*– proporcionando al mismo tiempo una viruta frágil que se rompe fácilmente: **facilidad de virutado**; no dando lugar a fenómenos de gripado de la herramienta, al mismo tiempo que se desarrollan propiedades autolubricantes que aumentan la duración de filo de la misma.

Además de las propiedades intrínsecas del acero –*características mecánicas*, *estructura metalográfica*, *morfología de las inclusiones*, etc.–, la facilidad de virutado está especialmente determinada por la geometría de la herramienta. Como es sabido, en las operaciones de mecanizado por arranque de viruta, se produce un desgaste de los filos cortante de las herramientas que modifica tales características; por lo que el desgaste en sí del filo de corte tiene ciertamente una notable influencia en el mecanizado de los materiales.

Relacionando, de una forma más o menos directa, el desgaste de la herramienta y la facilidad de viru-

* El desarrollo de los aceros de maquinabilidad mejorada está basado en la juiciosa necesidad de presentar en el mercado un conjunto de aceros de construcción mecánica, que garanticen ciertas características mecánicas y tecnológicas, junto a una mejora de su maquinabilidad. Pertenecen a este grupo: (1) aceros al carbono; (2) aceros aleados de construcción bonificables; (3) aceros de cementación; y (4) aceros inoxidables.

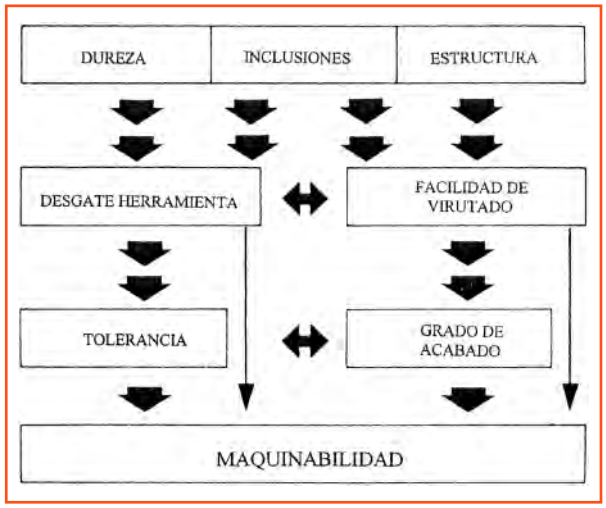


***Figura 7**. Parámetros fundamentales que determinan un buen mecanizado.*

tado del material a mecanizar, se obtienen otros parámetros: (1) mantenimiento de la constancia dimensional de la pieza; y (2) el grado de acabado de la misma. El cuadro de la **figura 7** indica la interdepencia de los parámetros antes descritos.

La necesidad de una clase de acero que garantice así mismo un mínimo de características mecánicas y tecnológicas, junto a una buena facilidad de virutado **–maquinabilidad–** ha sido elevado a nivel de norma **UNE**: **aceros de fácil maquinabilidad** y **de maquinabilidad mejorada**. Ambos grupos, reiteramos, se destinan a la fabricación de piezas que se obtienen por mecanizado a medias y altas velocidades de corte.

La maquinabilidad de un acero puede ser mejorada, controlando su composición y la morfología de sus inclusiones por medio de los elementos apropiadamente añadidos: azufre, plomo, selenio, bismuto, teluro, calcio, etc.

La maquinabilidad de los clásicos aceros de construcción, como anteriormente hemos expuesto, se mejora adecuando la estructura metalográfica del acero mediante tratamientos térmicos de **recocido**: ***subcrítico***, ***globular***, o bien ***recocido isotérmico***.

1. Caracterización de los aceros calibrados de construcción mecánica que se contemplan en este trabajo

Aceptando que la elección del acero se realiza en la fase de proyecto de las piezas, y según las características mecánicas requeridas en su trabajo en servicio; el ciclo de fabricación que se aplique en el hechurado y puesta en forma de las piezas puede influir, también, en el acero a utilizar. El tipo de mecanizado es un elemento importante a considerar en esa fase de selección del acero en cuestión.

A. *Aceros de fácil maquinabilidad*

Estos aceros *–denominados también aceros de* **decoletaje**, o *simplemente* **aceros automáticos**– presentan una elevada aptitud para ser mecanizados en máquinas herramienta con arranque de viruta; esto es, presentan una gran **maquinabilidad**.

A este grupo pertenecen: (1) aceros utilizables en estado bruto de laminación, con posterior calibrado por estirado, y (2) **aceros de maquinabilidad mejorada,** bonificados que se mecanizan después del tratamiento térmico y del eventual calibrado: aceros de cementación y aceros para temple y revenido, aceros inoxidables, etc.

B. *Aceros de construcción clásicos para temple y revenido*: bonificado

Los aceros para temple y revenido alto –***bonificado***– son aceros al carbono y aceros aleados, particularmente indicados para aquellas piezas que por su trabajo o servicio necesita altos valores mecánicos, y para ello tienen que estar bonificadas, es decir, templadas y revenidas.

C. *Aceros de cementación*

Los aceros de cementación son utilizados en la construcción de piezas y mecanismos que por su trabajo tienen que soportar un doble tratamiento, cementación y temple. Tratamientos mediante los cuales se obtiene, al mismo tiempo, una doble estructura en la pieza: en la superficie elevada dureza, y en el interior un núcleo más blando y tenaz.

D. *Aceros de nitruración*

Los aceros de nitruración, son aceros de temple y revenido, cuya composición les hace particularmente idóneos para la formación de nitruros mediante la absorción de nitrógeno en el proceso de nitruración. La nitruración proporciona a las pie-

zas y mecanismos una muy elevada dureza superficial, que confiere una fuerte resistencia al desgaste, así como un núcleo dúctil y tenaz resistente a los choques.

E. *Aceros para muelles*

Los aceros para muelles constituyen una característica particular de los aceros para temple y revenido: después de un adecuado tratamiento térmico, generalmente temple seguido de revenido a una temperatura comprendida entre 400 y 450 °C, las piezas presentan un alto límite elástico que les evita deformaciones permanentes en servicio.

F. *Aceros de rodamientos*

Los aceros de rodamientos, son aceros particularmente indicados para la fabricación de bolas, rodillos, agujas y pistas de rodamientos. Aceros igualmente indicados para fabricación de piezas y componentes que deban presentar en la superficie: alta dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la fatiga muy elevadas.

Forman parte de esta familia los aceros al cromo (**100 Cr6**) y aceros al cromo-molibdeno (**100 CrMo7**), el carbono en ambos es del 1% (**C** = 1%). Algunos aceros de cementación (**20NiCrMo2**) forman parte, también, en la fabricación de rodamientos, así como algunos inoxidables martensíticos de carbono medio y alto (X**100 CrMo17**). Estos últimos se utilizan en rodamientos que soportan cierta temperatura y tienen que resistir, asimismo, la corrosión.

2. Influencia de la estructura metalográfica sobre la maquinabilidad de los clásicos aceros de construcción mecánica

La maquinabilidad de tales aceros está notablemente influenciada por su estructura metalográfica y/o de los constituyentes estructurales que la forman. Constituyentes duros y aciculares, como la **martensita** y la **bainita**, son difíciles de mecanizar al mismo tiempo que provocan un rápido desgaste del filo de las herramientas. Constituyentes más blandos como la **ferrita** y la **perlita** son más fácilmente mecanizables. A pesar de ello deben evitarse las estructuras excesivamente blandas, ya que dificultan el corte y favorecen el desgarre y el arrastre del material que se mecaniza, embotando el filo de la herramienta utilizada.

La estructura que se va formando en el acero durante el enfriamiento que sigue a la laminación en caliente, es más difícil de controlar, porque depende: de la geometría y dimensión de la barra, de las condiciones del enfriamiento y de la templabilidad del material. Varios tratamientos térmicos, llamados genéricamente **recocidos**, se realizan en las barras y rollos, para hacer más homogénea e idónea su estructura para los ciclos de mecanizado previstos.

Las formas de recocido que más comúnmente se utilizan son:

2.1. *Recocido de aptitud al cizallado*

Consiste en un tratamiento a temperatura muy por debajo del punto $\mathbf{Ac_1}$, **T**ª = [(550 ÷ 600 °C)], que permite el cizallado y corte en frío de las barras antes de ser mecanizadas en las máquinas-herramienta. No hay aparente transformación estructural del material, pero sí una ligera coalescencia de tal estructura.

2.2. *Recocido de maquinabilidad*

Llamado, también, **recocido de ablandamiento**, que se realiza a una temperatura subcrítica, por debajo de la del punto crítico $\mathbf{A_1}$, [**T**ª = (650 ÷ 680 °C)], pero muy próximo a él. La estructura resultante presenta una globulización parcial y coalescente de la **perlita**, que garantiza, para cada tipo de acero, un valor máximo de dureza.

2.3. *Recocido isotérmico*

Es asimismo un muy buen aceptable tratamiento térmico de maquinabilidad para aquellos aceros de bajo y medio carbono. Consiste en un calentamiento de austenización –*temperatura por encima a la del punto crítico* $\mathbf{Ac_3}$–, seguido de un enfriamiento rápido hasta la temperatura que corresponde a la de la "nariz" de la curva de la "**S**" del diagrama **TTT** considerado, y un posterior mantenimiento isotérmico a dicha temperatura, el tiempo suficiente para la transformación total de la austenita en los constituyentes intermedios deseados: **ferrita** y

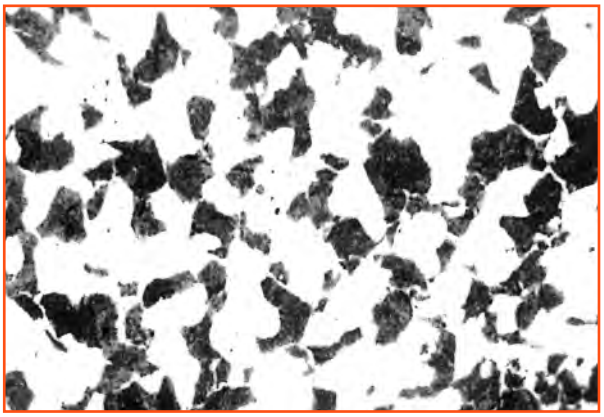


***Figura 8**. Estructura en bloque no bandeada de ferrita + perlita "estructura blanca y negra". Recocido isotérmico [**acero 20NiCrMo2**].*

perlita laminar: "estructura blanca y negra" no bandeada: **Figura 8**.

Esta estructura es particularmente idónea para el mecanizado con arranque de viruta de los aceros de baja y media aleación antes citados –*aceros de cementación* y *aceros para temple* y *revenido*–. Se garantiza con dicho tratamiento, para cada acero, un determinado intervalo de dureza.

2.4. *Recocido globular*

El recocido globular consiste en un tratamiento de austenización por encima y muy próxima a la del punto crítico **Ac_3**, seguido de enfriamientos y calentamientos alternados por encima y por debajo del punto crítico **Ac_1**, con el objeto de romper la perlita laminar presente en el acero antes de su recocido, y obtener una estructura de **perlita globular**; **figura 9**.

Dicha estructura es particularmente idónea para las operaciones de extrusionado o recalcado en frío de los clásicos aceros de construcción, y para el mecanizado con arranque de viruta de aceros de alta aleación –*aceros de herramientas*–, y/o aceros de alto contenido de carbono. Refiriéndonos a estos últimos, el recocido globular permite, por tanto, una mejor maquinabilidad y asegurando al mismo tiempo, una regular dureza que garantiza una homogeneidad de comportamiento en el mecanizado.

A título orientativo exponemos las características

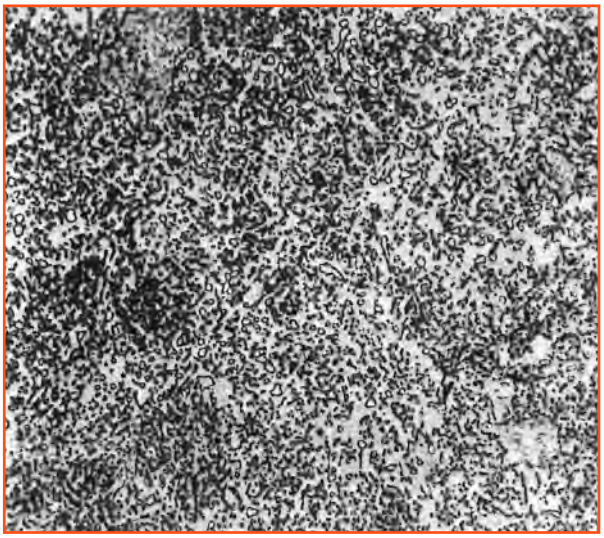


***Figura 9**. Estructura globular uniforme. Glóbulos finos de perlita repartidos en una masa matricial ferrítica blanda y mecanizable [Acero al carbono **C 47**].*

de maquinabilidad relativa de los diversos constituyentes estructurales:

- **Ferrita**. En contenidos bastante elevados dificulta el mecanizado, además, de tener una escasa facilidad de virutado.
- **Perlita laminar**. La perlita laminar, uniformemente repartida en la matriz ferrítica, mejora la maquinabilidad en función de su contenido en el acero: a mayor contenido mayor dificultad.
- **Perlita globular**. La perlita globular es el constituyente estructural más idóneo para el mecanizado de los aceros no aleados altos en carbono y aceros aleados de herramientas en general.
- **Sorbita**. La sorbita –*martensita revenida a una temperatura mínima de* 550 °C–, constituyente típico de los aceros bonificados, es poco mecanizable.
- **Bainita**. La bainita, constituyente presente en algunos aceros aleados de construcción y de herramientas en estado bruto de laminación –*estado natural*–, puede presentar una buena maquinabilidad en aceros de bajo carbono y aceros de baja o media aleación.
- **Martensita**. La martensita, constituyente duro de los aceros templados, normalmente mecanizable sólo con herramientas de metal duro, su maquinabilidad es siempre muy baja.

3. Diagramas TTT de enfriamiento isotérmico y diagramas TEC de enfriamiento en continuo

En la aplicación industrial de los tratamientos térmicos, los diagramas de transformación de la austenita son instrumentos esenciales para la compresión de las transformaciones estructurales que se originan durante los mismos en el acero correspondiente. Con lo cual se mejoran las condiciones de trabajo para la obtención de las características mecánicas y estructurales requeridas del material en servicio. El diagrama de mayor utilización es el de enfriamiento en continuo **TEC**.

Con respecto de la forma, que dichos diagrama se obtienen, nos remitimos a la extensa literatura al efecto. Llamamos la atención, al hecho que las curvas obtenidas para cada colada de acero son distintas y se muestran con su particular **historia térmica**.

Normalmente hoy día, para una utilización práctica del diagrama **TEC** se han dibujado las curvas en enfriamiento continuo en papel de transparencia, *–ábacos de la* **figura 10**–. Transparencias que van anexas al catálogo correspondiente de aceros que suministra el acerista.

Superponiendo la transparencia sobre los diagramas **TEC** correspondiente, tales curvas permiten observar, de una forma individual y aproximada, las estructuras y durezas relativas que se pueden obtener enfriando el material desde el campo austenítico, mediante las tres modalidades de temple: enfriamiento en aire, en agua y en aceite.

4. Templabilidad y banda JOMINY

Por templabilidad se entiende la propiedad de un acero de alcanzar mediante temple dureza, con la capacidad de ampliar la profundidad de penetración martensítica de la sección tratada.

Las características mecánicas de tracción, las de tenacidad y las de resistencia a la fatiga son función creciente del porcentaje de martensita obtenida después del temple. La templabilidad es por tanto uno de los parámetros fundamentales para la elección de un acero destinado a la fabricación de piezas y otros componentes, cuyas características intrínsecas deban ser aumentadas por medio del tratamiento térmico.

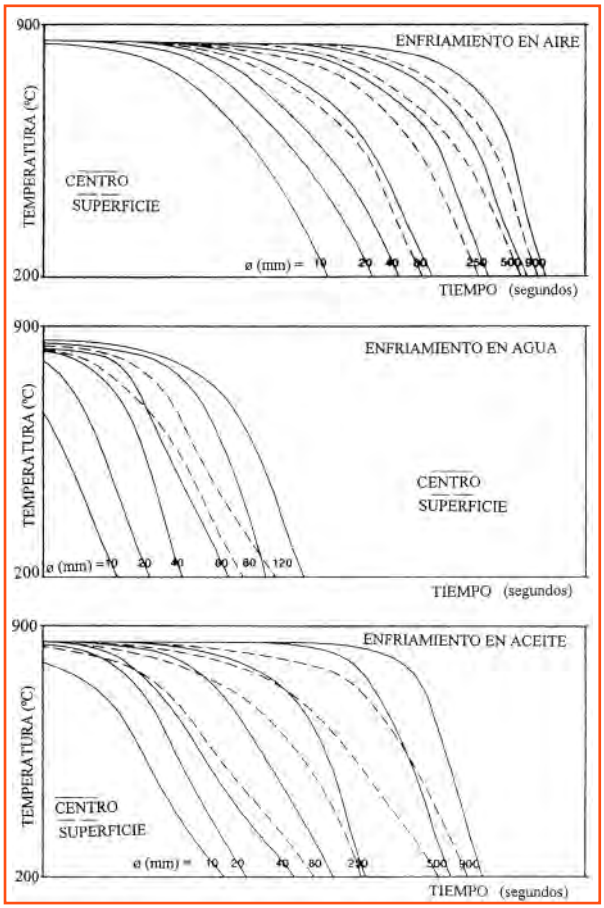


***Figura 10**. Ábaco con las transparencias de las curvas de enfriamiento –centro/superficie–. Temple con enfriamientos en aire, agua y aceite.*

La dureza máxima del acero, es función del carbono y del porcentaje de martensita obtenida en el temple. En la **figura 11** se indica la correspondencia **dureza - carbono** (**HRC - %C**) para distintos porcentajes de martensita.

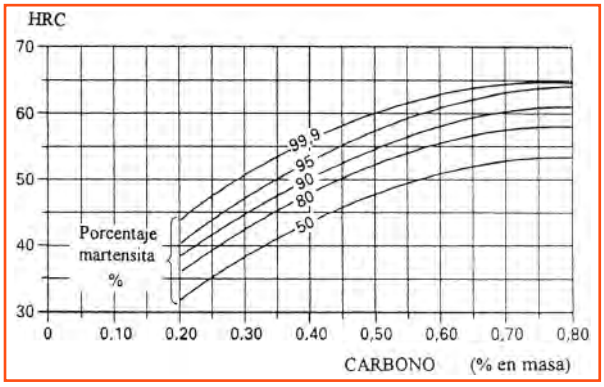


***Figura 11**. Curvas promedio de dureza en función del contenido de carbono y la correspondiente tasa de martensita de temple, que se puede obtener en cada una de ellas.*

La distribución de la dureza en la sección del material especialmente viene caracterizada por su dimensión –*masa* y *espesor*–, por el contenido de carbono y por los elementos de aleación. Otros factores a tener en cuenta son: el tamaño de grano austenítico y las condiciones de temple: temperatura de austenización, tiempo de austenización y medio de enfriamiento.

La templabilidad, fundamentalmente, es evaluada mediante el **ensayo Jominy**, con el que se obtiene una curva dureza-distancia al extremo templado de la probeta Jominy. En la práctica industrial se considera satisfactorio obtener, en el núcleo del material, un porcentaje determinado de martensita.

En las distintas familias de aceros de construcción mecánica, es aconsejable conseguir, después del temple, como mínimo los siguientes porcentajes de martensita: (1) en los aceros de temple y revenido = 50%; (2) en los aceros de cementación = 70%; y (3) en los aceros para muelles, y en materiales particularmente solicitados, es aconsejable llegar a contenidos ≥ 80%.

La distancia al extremo templado de la probeta tratada, y a la cual corresponde la dureza relativa y el porcentaje de martensita, –*previamente fijado de manera oportuna para los diferentes aceros*– es la distancia que se puede utilizar como criterio práctico para clasificar los aceros en base a su templabilidad.

Dada la inevitable dispersión de la composición química entre distintas coladas de un mismo acero, existe la correspondiente **banda de dispersión** de la curva Jominy –**figura 12**–, cuyos límites vienen definidos, por las normas establecidas, para aquellos aceros donde la templabilidad es un criterio de selección fundamental. En la actualidad las bandas de templabilidad Jominy, para cada tipo de acero, vienen en los catálogos de materiales del acerista correspondiente.

Para cada diámetro, a igualdad de condiciones térmicas de partida y de enfriamiento, debido a las leyes físicas que regulan la transmisión del calor, existe una correspondencia biunívoca –*de uno a otro*– entre la posición sobre el radio de un redondo y la distancia del extremo templado de la probeta Jominy, a iguales velocidades de enfriamiento.

Para un determinado acero, la dureza de temple que se obtiene depende muy esencialmente de la velocidad de enfriamiento. Esta velocidad puede ser prevista, con una buena aproximación, mediante la curva Jominy del acero considerado; **figura 12**.

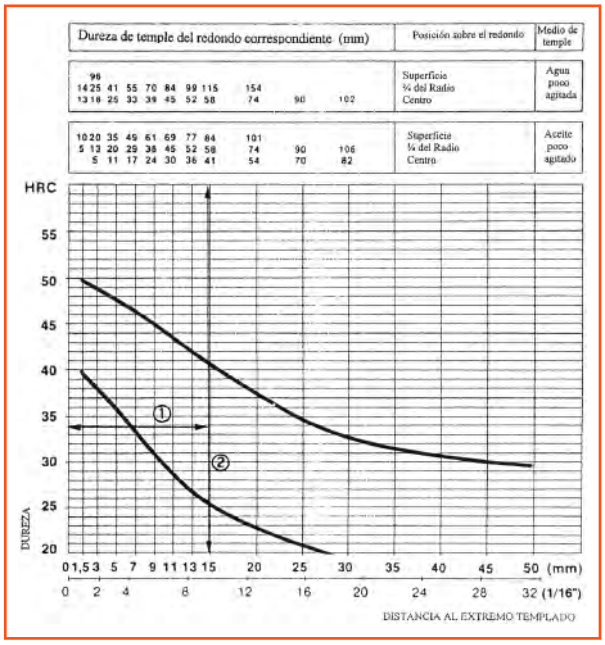


***Figura 12**. Gráfico representativo de la banda de templabilidad **Jominy** del acero **20NiCrMo2** que se indica, en su parte superior, los diámetros de los redondos, con la dureza que se puede alcanzar por temple en puntos determinados de cualquiera de ellos: centro, $^3/_4$ del radio, y superficie. Enfriamiento en aceite poco agitado y/o en agua poco agitada.*

En la parte superior de la banda Jominy, vienen indicados los diámetros de los redondos en milímetros, con la dureza de temple alcanzada en unos puntos determinados de los mismos: *centro*, 3/4 *de radio* y *superficie*. El enfriamiento es en aceite poco agitado; también existe una correspondencia relativa, para enfriamientos en agua poco agitada.

Para secciones rectangulares existe una correlación con el llamado **diámetro equivalente**: gráfico de conversión de secciones rectangulares a circulares ("redondos"); **figura 13**.

Un ejemplo de aplicación de lo anteriormente expuesto: "*se quiere conocer cuál es el diámetro máximo de un redondo en acero de cementación* **20NiCr4** (**C =** 0,20%) *que presente después del temple, como mínimo, el* 70 por 100 (70%) *de martensita en el núcleo*". Para ello se consulta el diagrama de la **figura 11**; observamos en dicha figura que para el 70 por 100 (70%) de martensita y 0,20% de carbono (**C** = 0,20%) corresponde, por interpolación, una dureza de 34

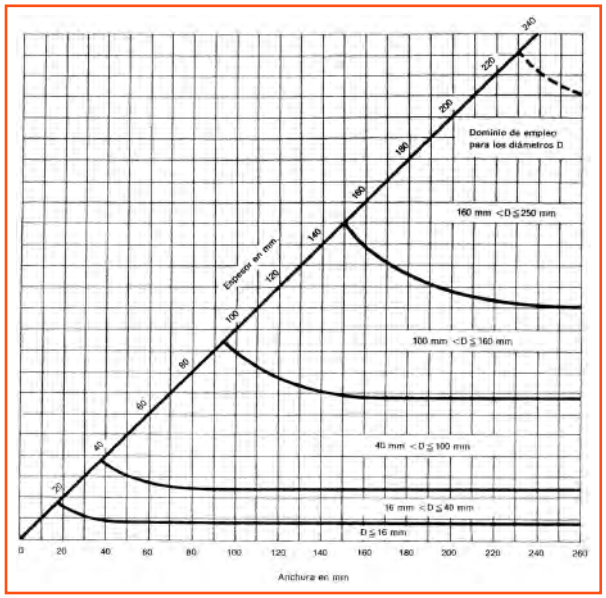


***Figura 13**. Diámetro equivalente. Gráfico de conversión de secciones rectangulares a circulares (redondos).*

Rockwell (HRC = 34). Ya en la **figura 12**, la recta correspondiente a tal dureza (HRC = 34) intercepta a la curva media de la banda Jominy que determina el punto exacto y la distancia a que se encuentra: 15 mm. En la tabla situada en la parte superior de dicha figura, –correlación ***distancia Jominy - diámetro correspondiente***– observamos que la dureza de 34 Rockwell (HRC = 34) se obtiene templando el acero en aceite poco agitado: (1) en el centro de un redondo de **41** mm de diámetro; (2) a 3/4 del radio de un redondo de 58 mm de diámetro; y (3) en la superficie de un redondo de 84 mm de diámetro.

5. El grano austenítico

Como sabemos, el grano austenítico es aquél que se forma calentando el material a temperatura superior a la del punto de transformación **Ac_3** del acero considerado. El tamaño de grano depende de las condiciones de elaboración del material y de la oportuna adición de los elementos afinadores de grano –aluminio (**Al**), **vanadio** (**V**), titanio (**Ti**), etc.– compatible con las exigencias de empleo; y, por consiguiente, es una característica típica de cada colada. El tamaño de grano y su susceptibilidad de ser agrandado, en el caso del tratamiento térmico a alta temperatura y/o con tiempos largos de austenización, –*temple superficial*, *cementación*, etc– influyen notablemente en el comportamiento que el material puede tener en el tratamiento térmico y en sus prestaciones en servicio.

Los aceros de grano fino son los que tienen un tamaño de grano de número **5 ÷ 8** o más fino de la norma **ASTM**, están caracterizados por las siguientes propiedades:

GRANO FINO

Comportamiento al tratamiento térmico

- Menor sensibilidad al engrosamiento de grano en el **TT**.
- Menor templabilidad.
- Menor sensibilidad a las deformaciones.
- Menor tendencia al estallido de rotura después del temple.
- Mayor homogeneidad de la composición en la capa de cementación con menor tendencia de ésta a la formación de cementita reticular y de austenita retenida.

Prestaciones en servicio

- Mayor tenacidad en general y en particular a las bajas temperaturas.
- Mayor resistencia a la fatiga.
- Menor maquinabilidad.
- Menor sensibilidad a las dietas de rectificado.
- Mejor grado de acabado superficial después del mecanizado con herramientas de corte.
- Menor tendencia al envejecimiento debido a acritudes producidas en la deformación en frío.

La determinación del tamaño de grano se puede realizar por varios métodos:

- El método de **McQuaid-Ehn**, utilizado en los aceros de cementación, se visualiza el tamaño de grano sobre una probeta micrográfica oportunamente atacada. Este método consiste en obtener el tamaño de grano austenítico cementando el acero a una temperatura de **925ºC** y un tiempo de permanencia de **8** horas a esta temperatura, en una mezcla de carbón vegetal granulado y de carbonato de bario.

- Otros métodos, como el método **Konh** y el método **Bechet Beaujard**, son adoptados también para la determinación del grano austenítico en los aceros bonificables y de tratamiento térmico en general.

El tamaño de grano viene caracterizado por un índice obtenido:

- Por comparación de la imagen microscópica con el tipo de la serie de retículas estándar: Normas **UNE** y **ASTM**.

- Por recuento, determinando el número de granos por unidad de superficie. Este método es más preciso y permite evaluar tamaños de grano superiores al número **8 ASTM.**

Para los aceros de cementación, para aceros de temple superficial, para aceros de uso a bajas temperaturas y para aceros de deformación en frío, el tamaño de grano aconsejado debe estar entre los números **5** y **8 ASTM**.

Bajo pedido, las acerías pueden suministrar aceros con tamaño de grano entre los números **6** y **8 ASTM**, y más finos.

6. Soldadura de los aceros de construcción

Una buena soldadura no debe dar lugar a grietas durante la solidificación del material aportado, [*grietas en caliente*] ni después del enfriamiento: grietas en frío. Es fundamental para ello la plasticidad material de base y la del material aportado. Este último debe tener una composición química seleccionada en función del material base, de forma que en la zona de soldadura no se produzca una excesiva disminución de las características mecánicas. Es así mismo oportuno efectuar la soldadura en las zonas de menor solicitación del material que suelda.

Las grietas en caliente se ven favorecidas por un elevado contenido de impurezas del material base –*azufre*, *fósforo*, *cobre*, *estaño*, etc.–, peligro éste que queda excluido en los aceros especiales cuya limpieza, por norma, está particularmente controlada.

El hidrógeno (**H**) absorbido del baño fundido, –*en operaciones con electrodo revestido*– a causa de la humedad o de la particular composición del material de aporte, reduce la plasticidad de la unión soldada. Es necesario utilizar, por tanto, electrodos con revestimiento básico por su bajo contenido en nitrógeno, especialmente cuando se sueldan aceros de más alto contenido en carbono, ya que son más susceptibles a las grietas en frío.

Las propiedades fundamentales que condicionan la tecnología de la soldadura son:

- **La dureza**, que va estrechamente ligada al contenido de carbono en el acero, y el porcentaje de martensita en el mismo.

- **La templabilidad**, característica ésta que determina la penetración y la distribución de la martensita en la pieza de acero; endurecimiento que se produce mediante un enfriamiento relativamente rápido del área soldada, ya sea en esa zona o en la zona adyacente o circundante muy perjudicial y que es debido a la fragilidad que provoca en los elementos soldados.

7. Soldabilidad de los aceros de construcción

Los aceros especiales no aleados [aceros al carbono] y de baja aleación se pueden dividir, desde el punto de vista de soldabilidad, en tres grandes grupos; **figura 14**:

- ***De bajo carbono*** (**C ≤ 0,25%**), soldables con procedimientos normales.

- ***De medio carbono*** (**C = 0,25 ÷ 0,50 %**), son medianamente soldables. A causa de la posibilidad de formación de martensita en la zona de soldadu-

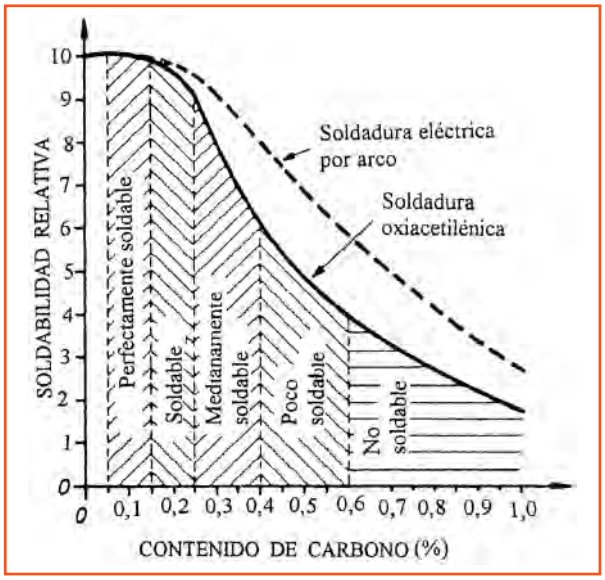


Figura 14. *Relación entre el contenido de carbono y la soldabilidad. A mayor carbono, menor soldabilidad.*

ra, son necesarios enfriamientos y calentamientos controlados.

- ***De alto carbono*** (**C ≥ 0,50 %**), que presentan sensibles dificultades de soldadura por su elevada propensión a la formación de grietas, al mismo tiempo, que una alta dureza. Con precalentamientos apropiados y tratamientos de eliminación tensiones después de la soldadura; y, empleando electrodos apropiados, además de una cuidada ejecución, nos permite obtener resultados satisfactorios.

A propósito de la influencia que la templabilidad ejerce en la soldabilidad de los aceros, se han puesto a punto varias ecuaciones del **Carbono equivalente** (**Ceq**).

El carbono equivalente (**Ceq**) de un acero es una medida de su tendencia potencial a fisurarse durante la soldadura. El carbono tiene una marcada inclinación a la fisuración, que crece cuando aumenta su contenido en el acero. La influencia de otros elementos de aleación se tiene en cuenta, ya que afectan a un coeficiente de equivalencia en relación con el carbono.

El valor del carbono equivalente (**Ceq**) se calcula aplicando la fórmula que ampara los elementos que componen químicamente el acero correspondiente, con sus ponderados coeficientes de influencia en el agrietamiento de la soldadura en relación con el contenido de carbono del material.

Entre las fórmulas más adoptadas, indicamos las siguientes:

1) ***Aceros no aleados***

- Formula de **Stout**:

Ceq = C% + [(Mn% + Si)/4]**.** Teniendo en cuenta los principales elementos residuales:

Ceq = C% + (Mn%/6) + (Cr%/5) + (Mo%/4).

El **Instituto Internacional de la Soldadura** señala una fórmula que se adopta para algunos tipos de aceros débilmente aleados. Es la fórmula más aceptada y empleada en nuestro país:

Ceq = C% + (Mn%/6) + [(Cr% + Mo% + V%)/5] + [(Ni% + Cu%)/15].

Con el objeto de evitar dificultades durante la soldadura de este grupo de aceros, es práctica normal establecer un valor máximo de 0,43 (**Ceq** ≤ 0,43) para el carbono equivalente obtenido para esta fórmula, e incluso valores menores cuando se trata de soldar espesores relativamente gruesos.

Igualmente indicamos algunas utilizaciones de **Ceq** según una escala adoptada por **ASTM**:

- Para **Ceq** ≤ 0,40% no se requiere, generalmente, precalentamientos y/o distensiones después de la soldadura.

Para **Ceq** = 0,40 ÷ 0,60% se aconseja precalentamientos y tratamientos de distensión.

Para **Ceq** ≥ 60% los dos tratamientos indicados (precalentamiento y distensión) resultan indispensables.

El **carbono equivalente** sólo puede ser aceptado –*asumido*– como índice cualitativo de primera aproximación. Otros importantes factores condicionan el éxito de la operación de soldadura: (1) aporte térmico; (2) la masa de la pieza; y (3) su geometría, que debe ser bien calibrada o diseñada para minimizar las tensiones residuales y/o las deformaciones.

2) ***Aceros aleados***

Para los aceros aleados de construcción de más alta aleación se han elaborado otras fórmulas del **carbono equivalente**:

Fórmula de **Darne** y **O'Neil.**

Ceq = C% = (Mn%/6) + [(Cr% + V%)]/5 + (Mo%/4) + (Ni%/15) + (Cu%/13).
Fórmula de **Voldrich** y **Harder:**

Ceq = C% + (Mn%/6) + (Cr%/5) + (Ni%/15) + (Mo%/4) + (Cu%/13) + (Pb%/2).

Acerca de la aplicación y validez de dichas fórmulas, para los aceros aleados de construcción, hay que tener en cuenta las mismas reservas ya comentadas para los aceros al carbono.

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

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

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

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

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

Puede ver el contenido de los libros y el índice en www.pedeca.es o solicite más información:

Teléf.: 917 817 776

E-mail: pedeca@pedeca.es

Optimización del tratamiento térmico de una nueva aleación para cilindros de laminación en caliente

Por Jesús A. García Ferreño[1], José M. Artímez Encina[2], Leonel Elizondo Treviño[3] y Beatriz Pejenaute Rodríguez[4]

[1] Fundación ITMA. Unidad de Desarrollo de Nuevos Materiales Metálicos.
[2] Fundación ITMA. Jefe de Unidad de Desarrollo de Nuevos Materiales Metálicos.
[3] Fundición Nodular, S.A. Director de Tecnología.
[4] Fundición Nodular, S.A. Responsable de I+D+i.

RESUMEN

Se ha desarrollado a escala de planta piloto una nueva calidad de acero, como alternativa al acero rápido empleado en la capa de cilindros de laminación en caliente, fabricados por colada centrifugada. La nueva calidad se puede considerar como una evolución de los aceros semirrápidos, pues su principal característica con respecto a los aceros rápidos, es su menor contenido en carbono y en elementos de aleación. El nuevo diseño metalúrgico da lugar, tras el tratamiento térmico de temple y doble revenido, a una microestructura formada por un pequeño porcentaje de carburos primarios, inferior al 3%, en una matriz martensítica de elevada dureza, con una dispersión fina y uniforme de carburos secundarios. Esta configuración microestructural se caracteriza por una mayor dureza en caliente y resistencia al desgaste. Además, a pesar de su mayor dureza, esta microestructura tiene una tenacidad a la fractura similar a la de la calidad industrial empleada como referencia. En este trabajo se muestra la evolución de la microestructura y dureza de la nueva calidad, en función del tratamiento térmico de temple y revenido, así como sus principales propiedades una vez sometida tratamiento térmico óptimo, diseñado mediante el empleo de la técnica dilatométrica.

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros rápidos (HSS) utilizados en la fabricación de las capas de los cilindros de laminación, poseen una excelente combinación de resistencia al desgaste, dureza y propiedades mecánicas a elevada temperatura. Esto justifica su uso en la fabricación de las capas de los cilindros bimetálicos, obtenidos mediante colada centrifugada empleados en los trenes de laminación en caliente. Estos aceros se pueden describir de forma simplificada como aleaciones base hierro del tipo Fe-C-Cr-X, donde X representa un grupo de elementos fuertemente carburígenos tales como W, V, Mo o Nb. La microestructura de estos aceros contiene carburos con distintas estequiometrías, morfologías y durezas, y martensita revenida. Dependiendo de la composición de la aleación y de las condiciones de solidificación y enfriamiento se pueden formar carburos tipo: MC, M_2C, M_6C, M_7C_3 y $M_{23}C_6$. La matriz, formada principalmente por martensita revenida, es la responsable de la dureza general de la aleación y de su resistencia. Al mismo tiempo, la naturaleza, morfología, porcentaje y distribución de los carburos está directamente relacionada con la resistencia al desgaste y la fatiga térmica, el coeficiente de fricción, el acabado superficial de la banda laminada y la potencia de laminación requerida.

Uno de los principales problemas de los aceros rápidos es su limitada tenacidad y resistencia a los incidentes de laminación, como consecuencia de una distribución semicontinua de los carburos primarios.

Hasta la fecha, se han utilizado diferentes estrategias para disminuir esta continuidad. Por ejemplo, se ha usado la adición de tierras raras que inhiben el crecimiento de los carburos durante su formación [1]; o el empleo de elevadas velocidades de solidificación. Sin embargo estas posibilidades son difíciles de aplicar al caso de las capas de los cilindros de laminación. Otra posibilidad es el diseño de nuevas composiciones que den lugar a un menor contenido de carburos primarios, pero que conserven las buenas propiedades de los aceros rápidos; en especial la dureza en caliente. Ésta ha sido la vía utilizada en el presente estudio.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El diseño inicial de las nuevas aleaciones se realizó con ayuda del software Thermo-Calc. Para la fabricación de los prototipos, de entre 50 y 55 mm de espesor y un peso aproximado de 21 kg, se utilizó un horno de inducción de alta frecuencia (9.600 Hz) con un crisol de alta alúmina. Los prototipos se colaron en una centrifugadora vertical con una aceleración de 150 G, aceleración equivalente a la utilizada industrialmente. Para conseguir una velocidad de solidificación de los prototipos similar a la obtenida en el proceso industrial se utilizó un molde especial compuesto por diferentes materiales.

Se elaboraron tres cilindros experimentales (Exp 1, Exp 2 y Exp 3) y otro de acero rápido, cuya composición corresponde a la utilizada actualmente en la fabricación de las capas de los cilindros de laminación, y el cual ha sido utilizado como calidad de referencia. Se llevó a cabo el estudio de la solidificación de las nuevas calidades mediante análisis térmico diferencial. Las muestras se calentaron hasta 1.500 °C a una velocidad de 10 K/min en atmósfera protectora de Argón en una termobalanza Netzsch 404 Pegasus. Tras la fusión de las muestras y 10 minutos de mantenimiento a 1.500 °C, las muestras fueron enfriadas a 10 K/min hasta temperatura ambiente.

El análisis microestructural se realizó sobre muestras mecanizadas de la sección central de los prototipos, tratadas térmicamente. El tratamiento industrial consta de un temple al aire en calma, seguido de un doble revenido. Las probetas metalográficas fueron desbastadas, pulidas y atacadas con nital al 4% para revelar la microestructura general. El porcentaje de carburos primarios se determinó mediante análisis de imagen tras ataque selectivo. Para determinar la naturaleza de los distintos carburos se utilizó una sonda de microanálisis EDS, acoplada a un microscopio electrónico de emisión de campo (FEG-SEM) Zeiss Ultraplus.

Sobre las tres calidades experimentales y la calidad de referencia se determinó la dureza general, la tasa de desgaste, la resistencia a compresión, la resistencia a flexión y la tenacidad a fractura. Para ello se utilizó respectivamente un durómetro LECO, un tribómetro Plint y una máquina universal de ensayos de Instron. Finalmente, sobre una de las calidades experimentales se analizó la influencia de la temperatura de temple y de las temperaturas de revenido en la dureza final y microestructura; para ello se utilizó un dilatómetro Netzsch 402.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Diseño de las calidades

Se ha tomado como calidad de referencia la de un acero rápido con la siguiente composición (% en peso): 1.5÷2 C, 3÷6 Cr, 8÷14 W_{eq} y 3÷8 V. En condiciones de equilibrio, la ruta de solidificación se inicia con la formación de austenita y prosigue con la formación de carburos MC de naturaleza eutéctica. Es ya en fase sólida cuando se produce la precipitación de otros tipos de carburos. Sin embargo, en condiciones de enfriamiento reales, la ruta de solidificación se inicia con la formación de austenita, mientras el líquido residual interdendrítico se descompone hasta en tres eutécticos diferentes [2]: γ+MC, γ+M_6C o γ+M_2C y γ+M_7C_3. Independientemente de las condiciones de solidificación, en estas calidades no se puede evitar la formación de carburos primarios.

La nueva familia de aleaciones se caracteriza por una ruta de solidificación, que en condiciones ideales atraviesa un campo de estabilidad completamente austenítico, en el que todos los elementos de aleación se encuentran en solución sólida en la austenita. De esta forma, en condiciones de equilibrio, se evitaría la formación de carburos primarios y, además, se dotaría a la austenita de suficiente dureza potencial y de la fuerza motriz necesaria, para la precipitación de carburos secundarios de elevada dureza. Según el diagrama de equilibrio que

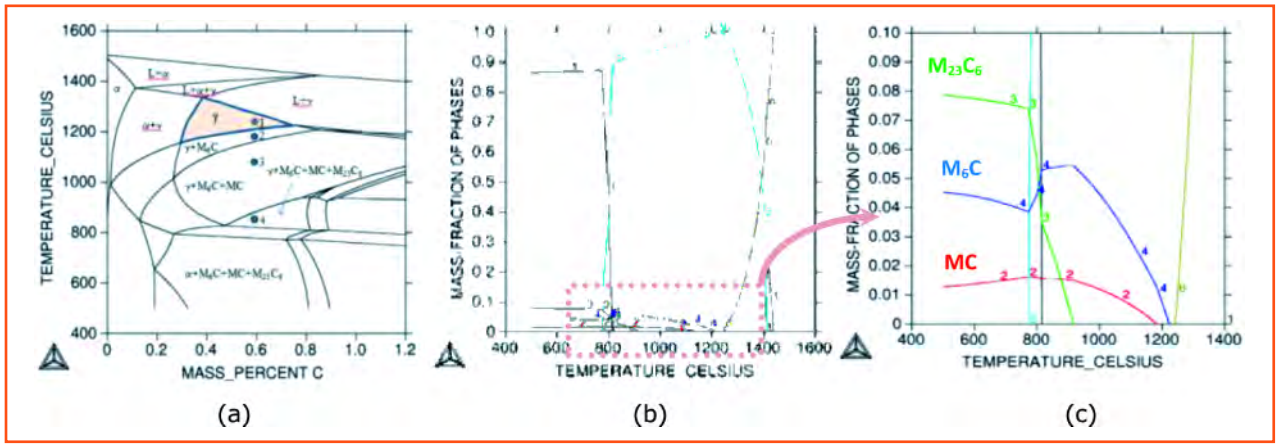


Figura 1: Diagrama de fases (a), ruta de solidificación y enfriamiento (b) y detalle de dicha ruta (c) de una de las calidades experimentales.

se muestra en la Figura 1, esta precipitación secundaria se iniciaría a unos 1.210 °C, carburos secundarios de estequiometría M_6C ricos en molibdeno, seguida de la precipitación de carburos MC (ricos en vanadio y molibdeno) y finalmente carburos $M_{23}C_6$ (ricos en cromo y molibdeno): puntos 2, 3 y 4 respectivamente en la Figura 1a. Para esta composición se predice un contenido final de carburos secundarios del 14% en peso aproximadamente.

Tomando en cuenta la influencia de los distintos aleantes en la estabilidad del campo austenítico, y con ello la susceptibilidad de formación de carburos primarios, se diseñaron tres composiciones químicas en las que se varió principalmente la relación entre el contenido en carbono, molibdeno y vanadio. En la Tabla 1 se muestra el rango de composición química empleado (% en peso) para las aleaciones experimentales investigadas.

	C	Ni	Cr	W_{eq}	V
Exp 1 a 3	0.45÷0.95	0.5÷2	3÷6	6÷14	0.5÷2

Tabla 1: Rango de composición (% en peso) de las aleaciones experimentales.

3.2 Estudio de la ruta de solidificación (ATD)

La Figura 2 muestra la secuencia de solidificación de las aleaciones investigadas determinada por análisis térmico diferencial. En la aleación de referencia se observan los picos característicos de la formación de la austenita primaria y la solidificación del líquido residual, a través de tres eutécticos: γ+MC, γ+M_2C y γ+M_7C_3. En las aleaciones experimentales se observa una única reacción eutéctica, que es más notable cuanto mayor es el contenido en C ($C_{exp1} < C_{exp2} < C_{exp3}$). Esta reacción está asociada a la formación de carburos primarios de distinta naturaleza ricos en Mo, Cr, V y Fe. Cabe destacar también la disminución de la temperatura líquidus con el contenido en carbono y cómo las aleaciones experimentales tienen una temperatura líquidus de casi 100 °C superior a la de la calidad industrial; una de las principales desventajas de estos nuevos materiales.

A pesar de que en condiciones de solidificación reales no se ha evitado la formación de carburos primarios en las calidades experimentales, se puede apreciar que, con respecto a la calidad de referencia, su contenido es menor y su continuidad no es tan acusada (véase la Figura 3). Mediante análisis de imagen se ha determinado un porcentaje de carburos primarios del 12% para la aleación de referencia y de un 2.1%, 2.4% y 2.9% para las aleaciones Exp 1, Exp 2 y Exp 3 respectivamente.

3.3 Caracterización microestructural

La microestructura general de las 3 aleaciones experimentales es muy similar; tras el tratamiento térmico de temple y doble revenido está formada por martensita revenida, bainita y un pequeño porcentaje del microconstituyente A/M. Además se puede apreciar la presencia de 3 tipos de carburos primarios (véase la Figura 4a) y la precipitación de carburos secundarios muy finos y de morfologías redondeadas. Los de mayor tamaño y color claro (tipo 1) son ricos en Mo, Cr y V; los carburos de color más oscuro (tipo 2) son ricos en los mismos elementos de aleación, pero con mayores porcentajes

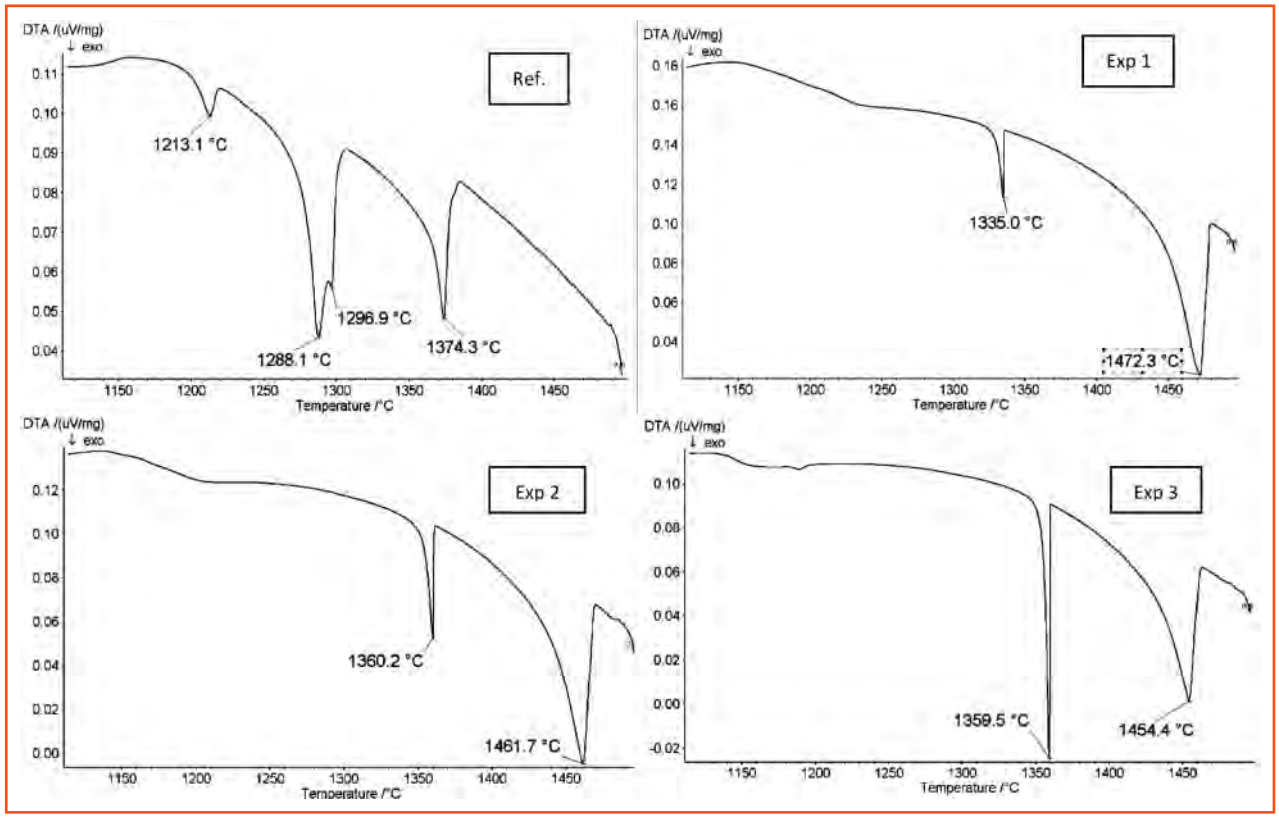


Figura 2: Curvas ATD durante el enfriamiento desde 1.500 °C.

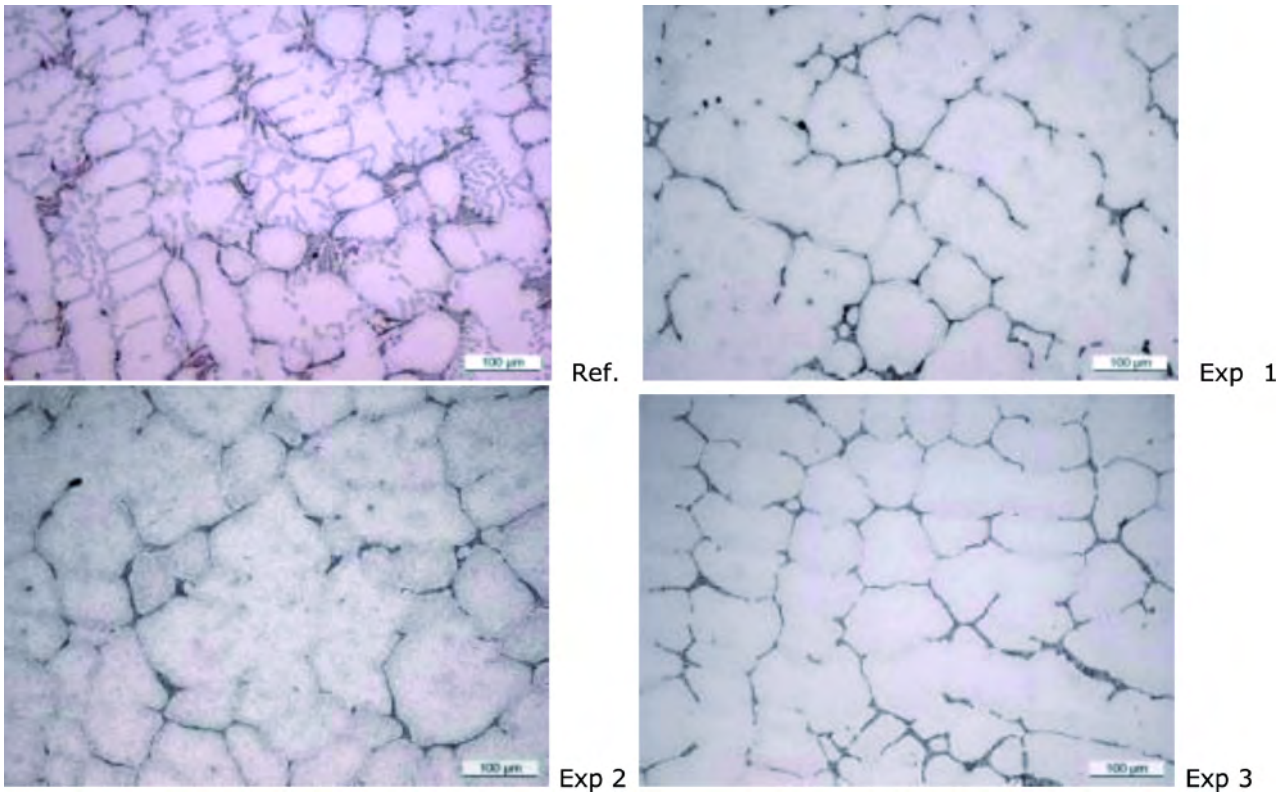


Figura 3: Distribución de carburos primarios. Recocido de ablandamiento. Alkaline Picrate.

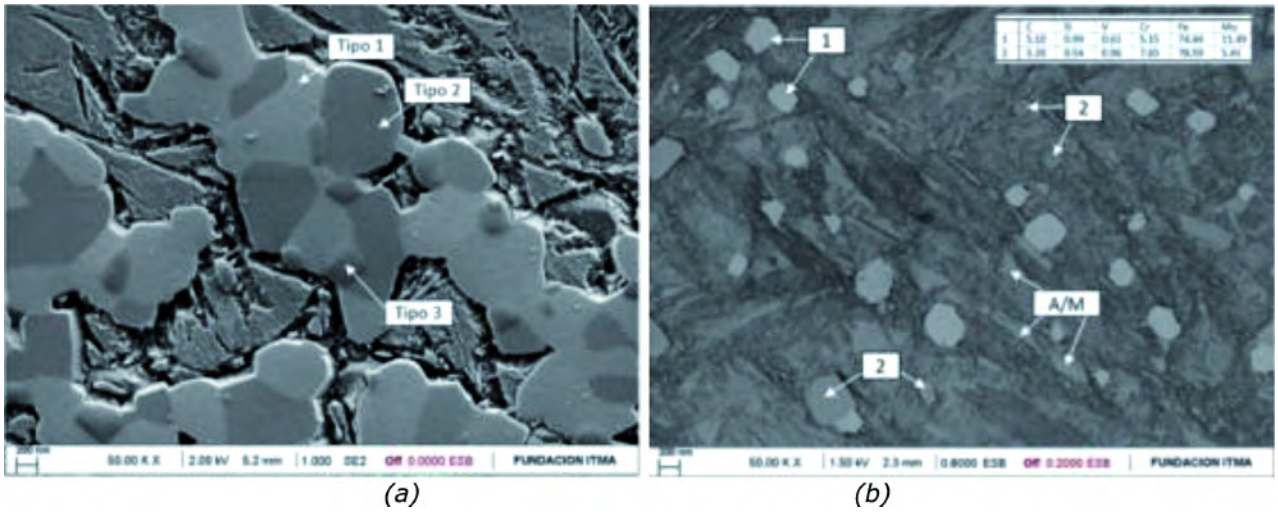


Figura 4: Carburos primarios en la microestructura de temple y revenido.

de Cr y menores de Mo; finalmente, los carburos con mayor dureza (tipo 3) sobresalen del resto de carburos primarios y son más ricos en molibdeno, pero sobre todo en vanadio.

Se ha podido comprobar que el balance C/Mo juega un papel importante en la densidad de la precipitación de carburos secundarios y en la naturaleza de la matriz, tal y como se aprecia en la Figura 5.

3.4 Optimización del tratamiento térmico

Se realizó un estudio dilatométrico sobre una de las calidades experimentales para analizar la influencia de la temperatura de temple y revenido en la microestructura y en la dureza.

Primeramente se analizó la evolución de la temperatura Ms (inicio de la transformación martensítica) en función de la temperatura de temple. Las probetas dilatométricas se calentaron hasta 950, 1.000, 1.060 y 1.150 °C y se enfriaron rápidamente a 60 °C/s (velocidad de enfriamiento entre 800 y 500 °C) para evitar cualquier descomposición de la austenita, antes de que comience a producirse la transformación martensítica. Se repitieron los ensayos empleando una velocidad de enfriamiento mucho menor, de 3,3 °C/min; velocidad de enfriamiento que es menor que la industrial (10 °C/min) y que la resultante de los enfriamientos realizados en el laboratorio sobre los prototipos (20 °C/min). Se empleó una velocidad de enfriamiento menor que la velocidad de temple real y que la aplicada en los tratamientos térmicos realizados en los prototipos para su caracterización mecánica, con el fin de conocer el potencial de dureza de estas aleaciones, si el enfriamiento del cilindro fuese menor que el habitual. De hecho, la velocidad de enfriamiento de 10 °C/min ha sido medida sobre la su-

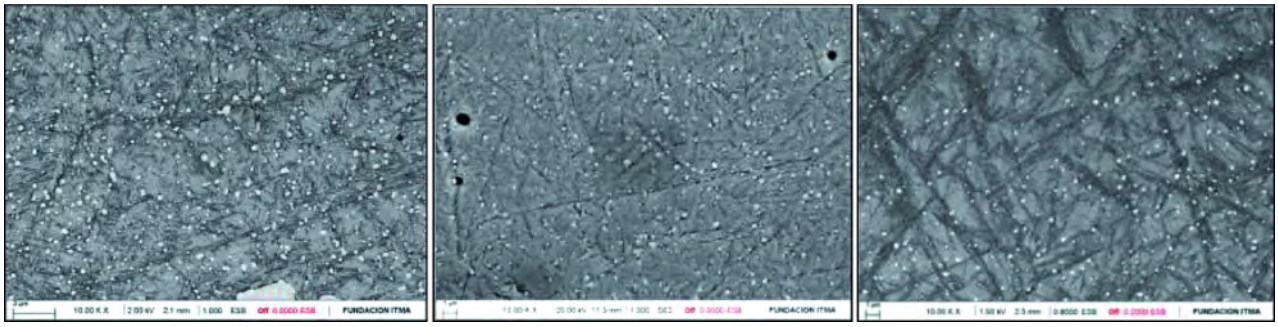


Figura 5: Carburos secundarios en matriz formada mayoritariamente por martensita revenida y bainita. La relación "C/Mo" juega un papel importante en la densidad de carburos secundarios y la naturaleza de la matriz. Las tres micrografías corresponden a las tres calidades experimentales en idénticas condiciones de tratamiento térmico.

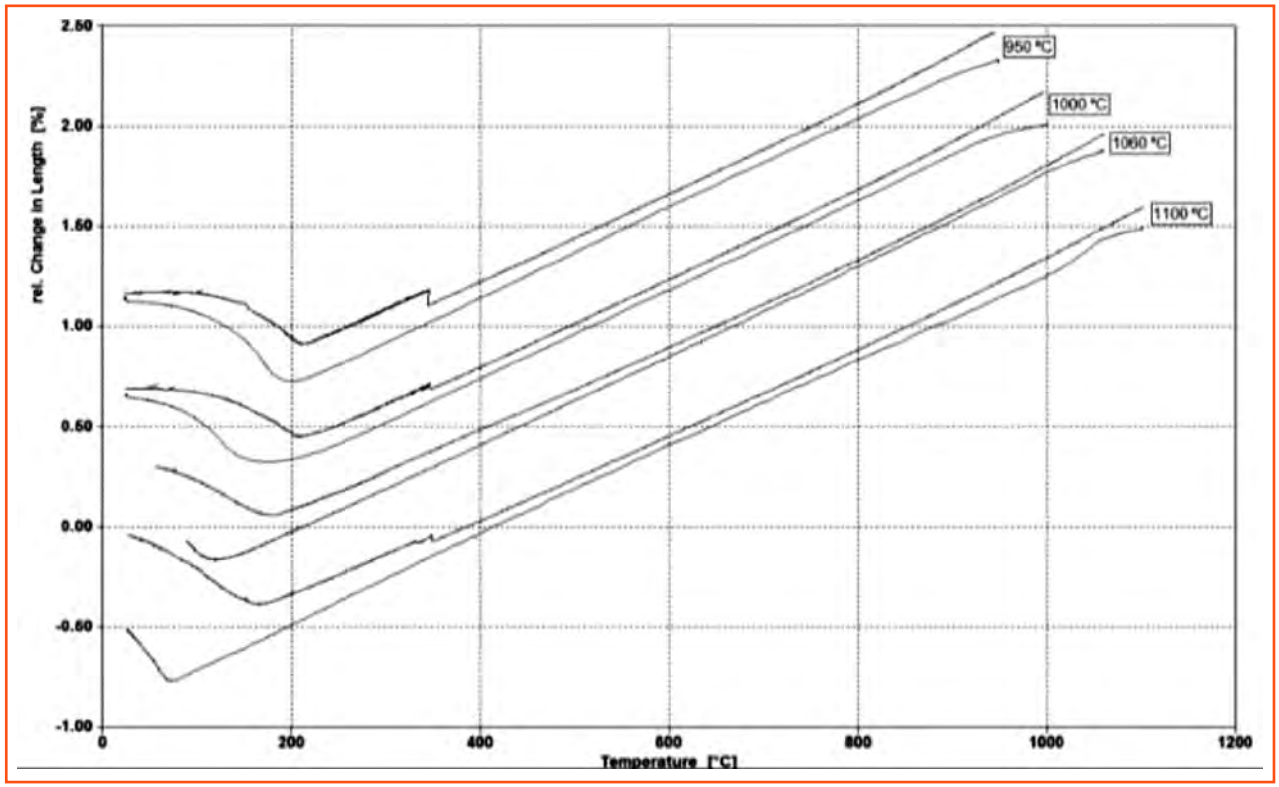


Figura 6: Dilatogramas correspondientes al enfriamiento (3.3 °C/min y 60 °C/s) desde 950, 1.000, 1.060 y 1.100 °C. La curva de enfriamiento rápido se ha situado debajo de la curva de enfriamiento lento.

perficie del cilindro. Un objetivo adicional de este estudio es conocer el potencial de estas calidades si se pudiesen emplear temperaturas de temple superiores a la empleada industrialmente (1.060 °C). La Figura 6 muestra los dilatogramas correspondientes a estos enfriamientos tras 2 horas de mantenimiento a la temperatura de temple.

Se puede apreciar que en ningún caso se aprecian anomalías dimensionales asociadas a la descomposición de la austenita a elevada temperatura, que dé lugar a la formación de constituyentes blandos (ferrita y perlita); lo que pone de manifiesto la elevada templabilidad de estas calidades, incluso si se emplean temperaturas de temple 110 °C menores que la industrial y velocidades de enfriamiento casi tres veces menores que la industrial. En la Figura 7 se muestra la evolución de la temperatura Ms y de la dureza de las probetas sometidas a estos ensayos, en los que se han empleado 4 temperaturas de temple (950, 1.000, 1.060 y 1.100 °C) y dos velocidades de enfriamiento (3,3 °C/min y 60 °C/s).

Nótese (Figura 7a) que a partir de 1.000 °C se produce una disminución notable de la temperatura Ms que se puede asociar, como se acaba de indicar,

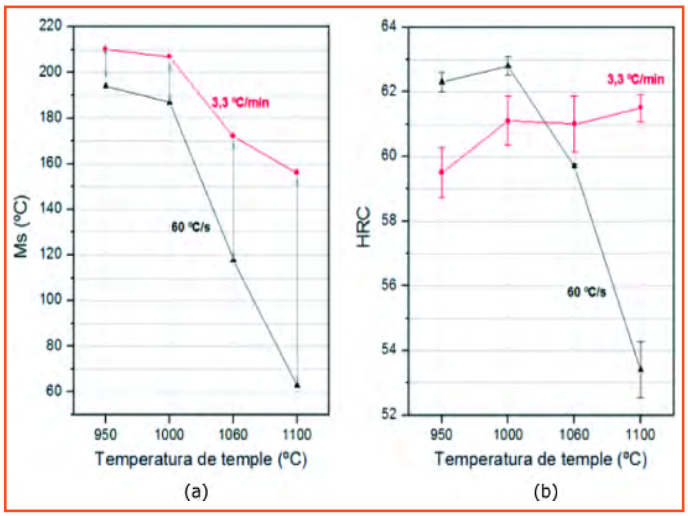


Figura 7: Evolución de la temperatura Ms (a) y de la dureza HRC (b) en función de la temperatura de temple (950, 1.000, 1.060 y 1.100 °C) y de la velocidad de enfriamiento (3,3 °C/min y 60 °C/s).

a una mayor puesta en solución de los carburos presentes en la microestructura de partida. Nótese que la diferencia entre la temperatura Ms correspondiente a las dos velocidades de enfriamiento

empleadas, aumenta al aumentar la temperatura de temple como consecuencia de la mayor puesta en solución de los carburos secundarios presentes en la microestructura original. Esta diferencia se puede explicar tomando en cuenta, que la menor velocidad de enfriamiento está asociada a una mayor descomposición de la austenita, que tiene lugar mediante un fenómeno de precipitación de carburos secundarios. Esta precipitación empobrece la austenita residual en elementos de aleación y es responsable de la disminución de la temperatura Ms. En la figura 7b se puede apreciar que la dureza aumenta ligeramente con la temperatura de temple en el caso del enfriamiento lento; algo que se puede explicar en virtud de una mayor dureza potencial de una austenita más rica en carbono y elementos de aleación. Este aumento de dureza no es muy importante, pues a medida que aumenta la temperatura de temple también lo hace la precipitación durante el enfriamiento lento subsiguiente. En el caso del enfriamiento rápido (se inhibe la precipitación de carburos) la dureza aumenta ligeramente con la temperatura de temple hasta 1.000 °C por las razones ya expuestas, pero disminuye de forma muy notable para las temperaturas de temple de 1.060 y 1.100 °C. Esto es consecuencia de la presencia de un contenido importante de austenita retenida (véase en la figura 6 que la transformación martensítica es más incompleta a temperatura ambiente, cuanto mayor es la temperatura de temple).

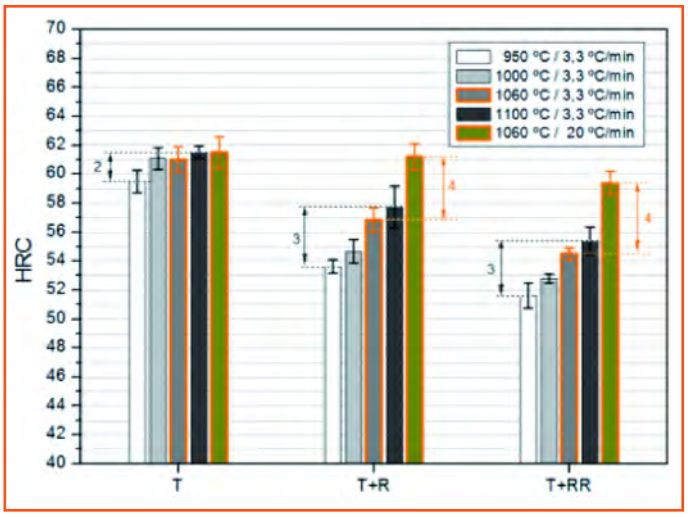


Figura 8: Calidad Exp3. Evolución de la dureza de las probetas dilatométricas en estado de temple (T), temple y revenido (T+R), y temple y doble revenido (T+RR) en función de la temperatura de temple (950, 1.000, 1.060 y 1.100 °C) y la velocidad de temple (sólo para la temperatura de temple de 1.060 °C). La temperatura de revenido empleada fue de 525 °C.

Se realizó un análisis de la evolución de la dureza en función del tratamiento térmico realizado. En la Figura 8 se muestra la evolución de la dureza en función del tratamiento térmico: temple (T), temple y revenido (T+R), y temple y doble revenido (T+RR) y de la temperatura de temple (950, 1.000, 1.060 y 1.100 °C) para una velocidad de temple de 3,3 °C/min. En el caso de la temperatura de temple industrial (1.060 °C) se ha determinado también la evolución de la dureza empleando una velocidad de temple de 20 °C/min.

Se puede apreciar que la dureza en estado de temple (T) es muy similar independientemente de la temperatura de temple empleada (sólo la muestra sometida a la temperatura de temple de 950 °C tiene una dureza algo menor). Nótese también que la dureza de la muestra enfriada a 20 °C/min desde 1.060 °C, es similar a la de la muestra enfriada a 3,3 °C/min. Si se contrastan ahora las durezas de las muestras en estado de temple y revenido (T+R), así como en estado de temple y doble revenido (T+RR), se puede apreciar que la dureza tiende a aumentar claramente con la temperatura de temple. Esto se puede explicar teniendo en cuenta que la temperatura de temple juega un papel crítico en la composición de la austenita de partida y, por lo tanto, en su ruta de descomposición. A medida que aumenta la temperatura de temple se produce la formación de una austenita de partida más aleada (más rica en carbono y elementos de aleación), con mayor dureza potencial, mayor potencial de precipitación y con una temperatura Ms más baja. Por lo tanto, a medida que aumenta la temperatura de temple, la microestructura en estado de temple contendrá una martensita más dura y aleada (también más estable durante el tratamiento de revenido subsiguiente), así como un mayor porcentaje de austenita retenida. A medida que aumenta el contenido de austenita retenida en estado de temple, existe un mayor potencial de incremento de la dureza durante el revenido posterior, como consecuencia de su desestabilización.

Téngase en cuenta que durante el revenido tienen lugar fenómenos que tienden a disminuir la dureza y otros que tienden a aumentarla. Por una parte, la descomposición de la austenita retenida en bainita o martensita, así como la posible precipitación de carburos (especialmente a elevadas temperaturas de revenido) tienden a aumentar la dureza; por otra parte, el revenido propiamente dicho de la martensita induce un ablandamiento del acero.

Si observamos ahora la evolución de la dureza de

la muestra templada a 1.060 °C en función de la velocidad de temple (3.3 y 20 °C/min), se puede apreciar, como se ha comentado, que la dureza en estado de temple es similar; lo que se puede explicar teniendo en cuenta que una mayor velocidad de temple, inhibe parcialmente la precipitación de carburos, dando lugar a una temperatura Ms más baja y, por lo tanto, a un mayor contenido de austenita retenida. Es decir, la mayor dureza asociada a la formación de martensita más fina y dura, es contrarrestada por la presencia de un mayor contenido de austenita retenida. Sin embargo, la martensita formada está más aleada y, por lo tanto, es más estable durante el revenido. A su vez, la presencia de un mayor contenido de austenita retenida, supone la formación de un mayor contenido de martensita sin revenir en el estado de temple y revenido, y una martensita más dura y estable en el estado final de temple y doble revenido.

Definida 1.060 °C como la temperatura de temple (temperaturas superiores no son factibles en la fabricación de los cilindros de laminación) se analizó la influencia de la temperatura de revenido en la dureza.

En la Figura 9 se muestra la evolución de la dureza en función de la temperatura del primer revenido (puntos discretos en la parte izquierda del gráfico). La dureza tras el primer revenido a 490 y 525 °C es similar a la dureza en estado de temple (en torno a los 63 HRC). La dureza disminuye cuando la temperatura de revenido aumenta hasta los 560 °C (57 RHC) siendo esta disminución ya muy apreciable cuando la temperatura de revenido alcanza los 600 °C (45 HRC). La gráfica también muestra la evolución de la dureza en función de la temperatura del segundo revenido. Nótese que la estabilidad de la microestructura (desde el punto de vista de la dureza) se mantiene hasta los 525 °C. Si se toma como objetivo una dureza de 55 HRC y la necesidad de un tratamiento de temple (1.060 °C) y doble revenido, entonces la temperatura del primer y segundo revenido no debería superar los 560 °C (un doble revenido a 560 °C daría lugar a una dureza de unos 53 HRC). Si se toma como objetivo una dureza de 60 HRC entonces la temperatura de doble revenido habría que limitarla a unos 525 °C. Un doble revenido a 525 °C da lugar a una microestructura con una dureza de unos 60 HRC y contenido insignificante de austenita retenida.

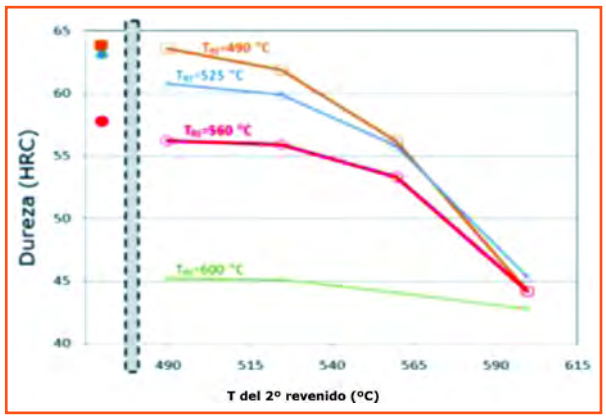


Figura 9: Dureza en función de la temperatura de revenido (temperatura de temple: 1.060 °C; velocidad de temple: 20 °C/min). Dureza en estado de temple: 63 HRC. Se emplearon tiempos de revenido de 6 h.

3.5 Propiedades mecánicas

Se ha medido la dureza de las cuatro aleaciones estudiadas a temperatura ambiente, tanto tras el temple a 1.060 °C como tras el primer y el segundo revenido a 525 °C, comprobándose que en el caso de la aleación de referencia la dureza final es de 55 HRC tras el segundo revenido. Sin embargo, en las tres aleaciones experimentales, la dureza final se mantiene en todos los casos por encima de 58 HRC.

Tras el tratamiento térmico industrial la dureza de las cuatro aleaciones disminuye, como es lógico, a medida que aumenta la temperatura de ensayo. A pesar del menor grado de aleación de las calidades experimentales, su comportamiento es muy similar al de la aleación de referencia hasta los 500 °C. En las cuatro aleaciones la dureza a esta temperatura disminuye hasta valores comprendidos entre 49 y 51 HRC. Sin embargo, a 600 °C sí se aprecia un mayor ablandamiento de las aleaciones experimentales con respecto al que experimenta el acero rápido, como consecuencia de que éste posee un mayor contenido de carburos primarios del tipo MC, carburos ricos en vanadio de muy elevada dureza. Así, la aleación HSS a 600 °C mantiene una dureza de 47 HRC mientras que las aleaciones experimentales tienen una dureza entre 41 y 43 HRC. Así pues, la estabilidad de la microestructura de las aleaciones experimentales es similar a la de referencia hasta los 500 °C aproximadamente.

El límite elástico a compresión muestra un comportamiento similar al observado con la dureza. En este caso se aprecia una mejor resistencia de las aleaciones experimentales hasta los 500 °C aproximadamente, mientras que a mayores temperaturas es la aleación de referencia la que presenta un

mejor comportamiento. En todos los casos el límite elástico en compresión es superior a los 1.200 MPa.

La tenacidad a la fractura de todas las calidades analizadas es muy similar, a pesar de la disminución del porcentaje de carburos primarios y de su continuidad. Sin embargo, hay que destacar que las aleaciones experimentales ensayadas (> 58 HRC) tenían mayor dureza que la de referencia (55 HRC).

La resistencia a flexión en tres puntos es superior a los 1.200 MPa para las cuatro aleaciones analizadas, siendo una de las aleaciones experimentales la que mejor comportamiento tiene, con una resistencia superior a los 1.450 MPa. Entre las aleaciones experimentales se puede observar que la resistencia a flexión aumenta a medida que disminuye el porcentaje de carburos primarios y su continuidad.

Hasta 500 °C es la aleación industrial la que presenta la mayor tasa de desgaste, al igual que la mayor dispersión de resultados. El mejor comportamiento de las aleaciones experimentales se puede explicar en virtud de su excelente configuración microestructural, formada por una distribución fina y homogénea de carburos secundarios de morfologías redondeadas en una matriz de martensita revenida y bainita, con una relación de durezas menor que la que existente entre los carburos primarios y la matriz de la calidad de referencia.

4. CONCLUSIONES

El proceso de fusión y moldeo empleados a escala de planta piloto, reproduce de forma fiable la microestructura del acero rápido industrial, por lo que se considera de gran utilidad para el desarrollo de nuevas aleaciones como paso previo a la industrialización.

A pesar de que ThermoCalc predecía una ruta de enfriamiento de las tres calidades experimentales a través de una región completamente austenítica, en los prototipos reales se ha constatado la presencia de carburos primarios de diferentes naturalezas y en porcentajes comprendidos entre el 2 y el 3%.

Tras el tratamiento térmico de temple y doble revenido, la microestructura de esta nueva familia de aceros (con una estabilidad similar a la del material industrial hasta los 500 °C) está formada por carburos primarios en un porcentaje inferior al 3%, por martensita revenida y bainita inferior, y una precipitación fina y uniforme de carburos secundarios de morfologías redondeadas. Esta microestructura alcanza valores de dureza en estado final de tratamiento térmico próxima a los 60 HRC; valor que podría ser superado para aplicaciones que permitiesen el empleo de mayores temperaturas y velocidades de temple.

En todas las aleaciones experimentales se ha obtenido una mejora en el parámetro “dureza por tenacidad a la fractura”, respecto la calidad industrial de acero rápido de referencia.

El material experimental se puede considerar como candidato a sustituir a los aceros rápidos convencionales, igualando e incluso superándolos en dureza, resistencia a la flexión, resistencia a compresión y resistencia al desgaste hasta los 500 °C. Además de la mejora en las propiedades mecánicas, el coste de la materia prima de las nuevas calidades se reduce de unos 3.000 €/Tm para la calidad de referencia a unos 1.700 €/Tm (téngase en cuenta que una capa de un cilindro de laminación de dimensiones “estándar” pesa unos 5.500-6.000 Kg).

5. REFERENCIAS

(1) Influence of rare earth elements on microstructure and mechanical properties of cast High-Speed Steel Rolls. Wang Mingija. Journal of Rare Earth 25 (2007) 490-494.

(2) Structural investigation of HSS Rolls for hot strip Mill, Jacqueline Lecomte-Beckers. 41st Rolling Seminar Processes, rolled and Coated Products. °ctober 26 to 28, 2004-Joinville-SC-Brasil.

(1) Wear of hot rolling mill rolls: an overview. S. Spuzic, K:N: Strafford, C. Subramaninand y G. Savage. Wear, 176.

(2) Oxidation wear modelling. Part III: the effects of speed and elevated temperature. T.F.J. Quin. Wear, 216, 1996.

(3) Improvement of the Work Roll Performance of Hot Strip Mill at Iscor Vandebijilpark. J.P. Breyer, R.J. Skoczynski, G. Walmag. Saruc Conference 2000.

(4) Structural Investigations of HSS Rolls for hot Srip Mill. J.L. Beckers, J.T. Tchuindjang, R. Ernst, J.P. Breyer. 41st Rolling Seminars Processes. Joinville, SC, Brasil, 2004.

(5) Characterization of MxCy carbides present in High Speed Steel (HSS) Rolls manufactured by Centrifugal Casting method. J.M. Artímez, J. García, J.M. Llano, J. Belzunce. 17th Rolling Conference, 2008, Rosario, Argentina.

Ponencia presentada en el XIII Congreso Tratermat de Barcelona (Abril 2013). Publicada con la autorización expresa de la Dirección del Congreso y los autores.

CORED WIRE SALES AGENT WANTED

For the Spanish Foundry Market.
Do you hit the nail when it comes to sales?
If so, we would like to hear from you!

ODERMATH
STAHLWERKSTECHNIK GMBH

P.O. Box 10 05 56 • D-40769 Monheim am Rhein
Tel: +49 2173 595 221 • www.odermath.de • info@odermath.de

Directivo con más de 15 años de experiencia en área industrial (producción, ingeniería e I+D+i), tanto en fundiciones de acero como fundición gris y nodular, se ofrece para:

- Proyectos como freelancer.
- Interim management.
- Posiciones vacantes en área industrial, también Europa.

Contactar con pedeca@pedeca.es / Ref. 6

EMPLEO

Empresa introducida en el sector de fundición no férrica.

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

Se valorarán sus conocimientos y relaciones comerciales.

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

SILVIA BACCO

TRADUCCIONES: SECTOR FUNDICIÓN

INGLÉS-FRANCÉS-ESPAÑOL

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

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

SE VENDEN

3 HORNOS DE TEMPLE Y REVENIDO,
Y 2 HORNOS DE REVENIDO
MARCA BERCO-RIPOCHE,
TIPO NVR 220 Y NVR 160,
DIMENSIONES DE CARGA 1.400 X 1.400.

INTERESADOS CONTACTAR
EN EL TLNO. 976 454136
ó MAIL JRRAMIREZ@ALUMALSA.COM
PREGUNTAR POR SR. JOSÉ RAMÓN RAMÍREZ

JEFE DE ACERÍA

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

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

Ref. 9

COMPRO

Máquinas y materiales de fundición a las ceras o Zamak.

Toda España

Tels.: 629 373 422 - 914 603 040
E-mail: ansape0756@yahoo.es

Ingeniero Industrial

con más de 12 años de experiencia técnico-comercial y de gestión de proyectos en construcción, industria y aprovisionamiento a fundiciones.
Se ofrece para puestos de Sales Manager, KAM o similar a nivel nacional con disponibilidad internacional.

Contactar con pedeca@pedeca.es / Ref. 7

Especialistas en Tecnologías del Vacío

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

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

oerlikon
leybold vacuum

HOT técnicas en Hornos HOT, S.L.

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

AICHELIN Group
Lohmann Qualität in Edelstahl
Stop off paints LUISO®

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

SECO/WARWICK
Heat Processing Equipment

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

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

innovation · performance · reliability

Pometon

Líder en fabricación y desarrollo de granallas y polvos metálicos

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

Fabricamos:

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

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

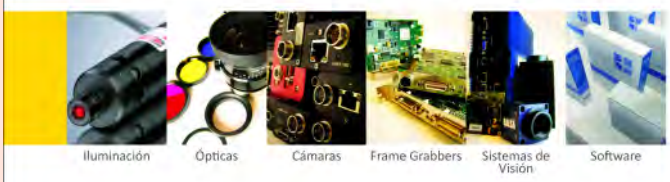
ACEMSA

Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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



INFAIMON
SU ASESOR EN VISIÓN ARTIFICIAL

| www.infaimon.com | infaimon@infaimon.com

Metall Technologie Holding

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

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

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

APLITEC

DEGUISA

INGENIERÍA DE REFRACTARIOS Y COMBUSTIÓN

Compromiso y fiabilidad

www.deguisa.com

Emison

GRUPO EMISON
C/ Vallirana, 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.
- Hornos para fundición.
- 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**

FILINOX, S.A.
C/ Sant Adrià, 76
08030 Barcelona

TÜV CERT

Tel.: 93 223 26 62
Fax: 93 223 26 67
customer@inoxidables.com

PYRO® CONTROLE
CHAUVIN ARNOUX GROUP

SSi SUPER SYSTEMS INC.

TKK EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., LTD.

HITECH INSTRUMENTS LTD

WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD.
주식회사 위너테크

- Sondas de oxígeno
- Analizadores de gases
- Pruebas de uniformidad de temp. AMS2750D, E y CQI9 r3
- Sondas de temperatura
- Videoregistradores
- Reguladores de temperatura
- Thyristores
- Resistencias CSi y MoSi2
- Automatización de hornos

ENTESIS
Galileu 313 baixos
08028 Barcelona
Telf: 934105454
Fax: 934199733
http://www.entesis.net
info@entesis.net

APLITEC

Utillaje tipo mecano, cestas, tubos radiantes
Fundición acero inoxidable refractario

CFC

CODELE SA

Utillaje forming

ECONOX SA

RD

APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L Apdo. 4052 - 48080 BILBAO - ESPAÑA
Tel: +34. 94.426.25.22 Fax:+34. 94.426.22.62 info@aplitec-tt.com www.aplitec-tt.com

tecno piro®

-temple -soldadura -recocido -sinterizado -revenido

HORNOS DEL VALLES, S.A.
Mancomunitat,3 08290 CERDANYOLA DEL VALLES
(Barcelona) T/ 93 692 66 12 Fax 93 580 08 27
hdv@tecnopiro.com tecnopiro.com

PROYCOTECME

HORNOS INDUSTRIALES PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN

Especialistas en Tratamiento Térmico

Pol. Ind. Can Castell
c/ Industria, 113 - Nave 1-K
08420 Canovelles (Barcelona) Spain

Teléf.: +34 938 467 984
Fax: +34 938 401 492
www.proycotecme.com

interbil

Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

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

www.interbil.es

ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

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

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

S. A. METALOGRAFICA

desde 1949

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

NUESTROS SERVICIOS	CAPACIDADES MÁXIMAS	
• TT VACIO DE: MOLDES, MATRICES Y HERRAMIENTAS • CEMENTACIÓN Y CARBONITRURACIÓN • NITRURACIÓN • NITROVAC-S®:NITROCARBURACIÓN ANTIOXIDANTE • TENIFER: NITRURACIÓN ANTIDESGASTE • TT ACERO RÁPIDO • HIPERTEMPLE • BONIFICADO, RECOCIDO Y NORMALIZADO • DUR-BRILL®: NIQUELADO DURO • OXY-VAPOR®: TT ANTIGRIPANTE • NOXYT®: PAVONADO DURO • ANÁLISIS DE MATERIALES • ASESORAMIENTO METALÚRGICO • DURPLAN®: TEMPLE PIEZAS PLANAS	• TEMPLE EN VACIO	ø 1500 x 2000 mm (Moldes hasta 2400 Kg)
	• NITRURACIÓN Y • NITROCARBURACIÓN	ø 1000 x 1500 mm
	• CEMENTACIÓN • CARBONITRURACIÓN • BONIFICADOS	1600 x 1600 x 700 mm (Piezas hasta 2000 Kg)
	• TEMPLE EN PRENSA	Piezas hasta 5000 m/m

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

Safe Cronite

L'esprit industriel

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

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

Hornos industriales para el tratamiento térmico

SOLO Switzerland

www.soloswiss.es

SOLO Swiss
CP 7127 - 2500 Bienne 7 - Suiza

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

COMERCIAL SATEC
SOCIEDAD LIMITADA

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

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

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

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

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

HÄRTETECHNIK BURGDORF OSMIROL NÜSSLE · CIEFFE · HSH HÄRTEREITECHNIK

Hornos industriales y estufas

Borel Swiss
Rouges-Terres 61 - 2068 Hauterive - Suiza

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

Borel Special Furnaces Switzerland

testo 350

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

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

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

We measure it. testo

Termopares especiales · calibraciones ENAC · automatización de procesos · Reguladores · Video-Registradores · pirometro infrarrojo · calibración hornos de vacio · experiencia · desde -200 a 2400ºC · Termopares · sondas pt-100 · servicio técnico · instrumentación · calibración insitu · calibración TUS · cámara termografica · todo en temperatura · Indicadores · consultoria AMS-2750-D · calibración SAT · expertos en normativa aeronáutica

SCI Suministro y Calibracion Industrial s.l.
www.sciempresa.com

Ribera de Axpe,11,d2,L203,48950 Erandio tel.944765276 sci@sciempresa.com

insertec
Hornos y Refractarios
Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.
Avda. Cervantes, 6 - 48970 Basauri, Vizcaya
Tel.: 944 409 420 • Fax: 944 496 624
e-mail: insertec@insertec.biz • www.insertec.biz

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.

HEA HORNOS ALFERIEFF

VISITE NUESTRA NUEVA www.alferieff.com
C/Doctor Marañon, 11 · 28220 Majadahonda (Madrid)
Tel: +34 91 639 69 11 · Fax: +34 91 639 48 18 · Email: hornos@alferieff.com

SPECTRO

Driven to Discover

Espectrómetros para analizar metales

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

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

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

www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 44
APLITEC 45
ARROLA . . . . . Contraportada 4
BAUTERMIC 44
BIEMH . . . . . Contraportada 2
BMI 45
COMERCIAL SATEC 47
DEGUISA 45
EMISON 45
ENTESIS 45
FILINOX-FLEXINOX 45
FISCHER 46
HORNOS ALFERIEFF 5
HORNOS DEL VALLÉS 45
HOT 44
INFAIMON 44
INSERTEC 47
INSTRUMENTOS TESTO 47
INTERBIL 46
LIBROS TRATAMIENTO TÉRMICO . 33
METALMADRID 9
NAKAL 46
OERLIKON 44
POMETON 44
PROYCOTECME 45
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 46
SAFE-CRONITE 13
SECO WARWICK 3
SOLO SWISS /BOREL . . . . . PORTADA
SPECTRO 47
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN . . . 15
TECNYMAT 17
WHEELABRATOR GROUP 46
WORLD FOUNDRY CONGRESS . . . 7

Próximo número

ABRIL

Nº Especial **WORLD FOUNDRY CONGRESS**. TRATAMIENTOS TÉRMICOS (Bilbao).
Hornos de sales. Instalaciones de atmósferas protectoras. Refractarios. Aislantes. Quemadores.
Calentadores. Calidad. Laboratorio. Reguladores de temperatura. Cañas pirométricas.
Metrología. Tratamiento térmico de metales férreos y no férreos.

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

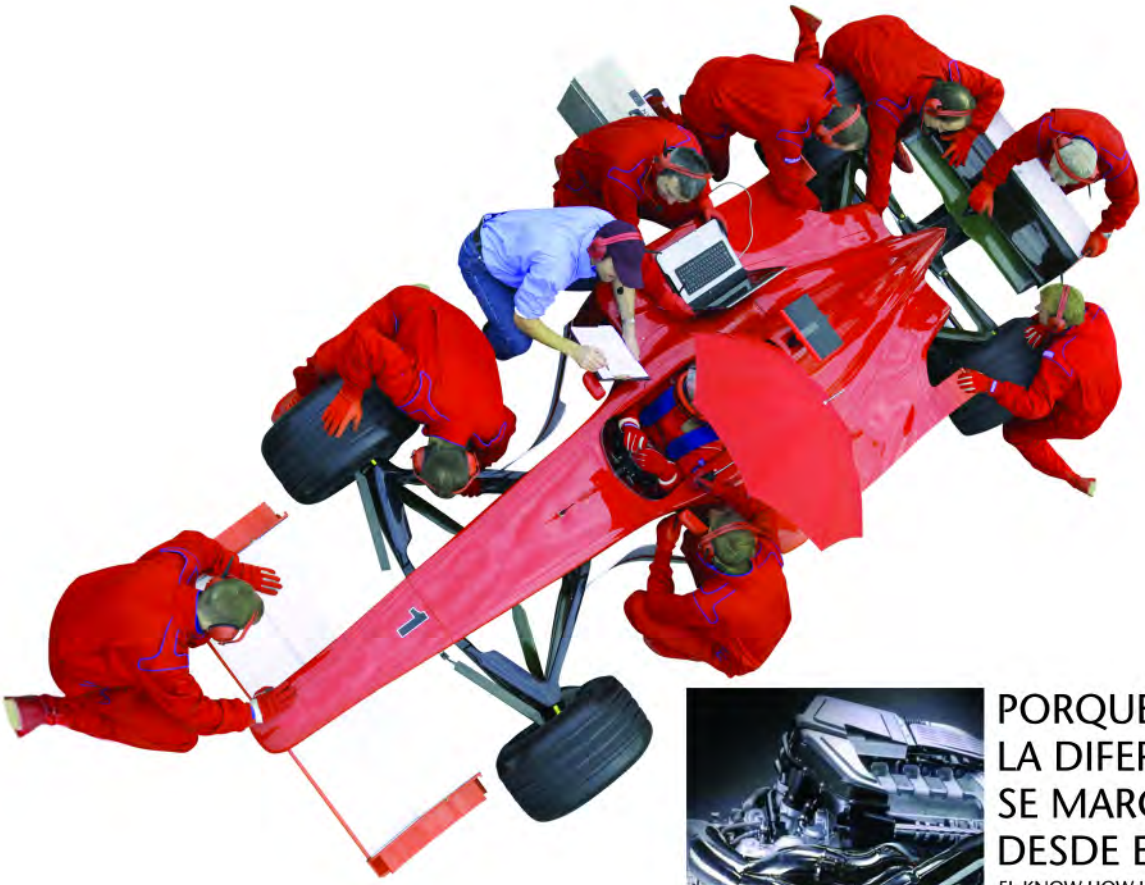
90 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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



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

publiapx