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

TRATER PRESS

SEPTIEMBRE 2011 • Nº 24

TRATER press

SEPTIEMBRE 2011 • Nº 24

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

Cumbre
27-30/09/2011
BIEC
Pabellon 3
Stand D24

Soluciones
insertec
Hornos & Refractarios
para el Tratamiento Térmico

www.insertec.biz

MIDEST

2011 PARIS

El Nº1 mundial de los salones de subcontratación industrial

+ maintenance expo 2011

Working Together*

* Trabajar juntos

¡Solicite ya SU PASE GRATUITO (código invitación PZ) en www.midest.com !

15 > 18 NOVIEMBRE
Paris Nord Villepinte - Francia

Plataforma mundial de intercambios técnicos y comerciales
1 800 expositores de los cuales **700** procedentes de **30** paises

¿Por qué los industriales visitan MIDEST?:

90% para **encontrarse** con expositores de alto nivel

82% para **encontrar** respuestas a su necesidad de suministro

79% para **referenciar** nuevos subcontratistas

Tous les savoir-faire de la sous-traitance industrielle :
- Transformación de metales
- Transformación de plásticos, cauchos, composites
- Electricidad / Electrónica
- Microtécnicas
- Tratamientos de superficies
- Fijaciones industriales
- Transformación de la madera NOVEDAD
- Servicios para la industria (enfoque Medioambiente e Informática industrial) NOVEDAD
- Mantenimiento industrial y terciario: **Maintenance Expo 2011**

NOVEDAD Encuentre sus futuros socios gracias a los encuentros de negocios BtoB organizados por bZfair

Siga todo el año la actualidad de la subcontratación y del salón en www.midest.com, Twitter @MidestParisy Viadeo, ¡hub MIDEST!

Reed Expositions

Simultáneamente con TOL

www.midest.com

Para cualquier información visitantes: Servicom C&M - servicom@servicomconsulting.com - Tel.: 91.395.28.88 - Fax: 91.442.48.89

INFORMACIÓN DE CALIDAD

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

6 NÚMEROS ANUALES

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

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

5 NÚMEROS ANUALES

65 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

9 NÚMEROS ANUALES

115 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

6 NÚMEROS ANUALES

90 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

PEDECA *Press* Publicaciones

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

Nuestra Portada

Nuestro programa de fabricación incluye aplicaciones de tratamiento en:

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

Tipos de Hornos para estas Aplicaciones y Procesos:

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

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

Sumario • Septiembre 2011 - Nº 24

Editorial 2

Noticias 4

Cámaras Térmicas de alta resolución • Xpectia Lite de Omron • MATELEC 2012 apuesta por la eficiencia energética• INGENER • Aumento del 4,5% en la producción de acero • MATGAS celebra su 10º aniversario.

Artículos

- Fórum de Arcas - *Por Juan Martínez Arcas* 8
- Hornos del Vallés consolida su expansión en el mercado francés 10
- "greentelligence" es el tema clave de HANNOVER MESSE 2012 12
- La siderurgia europea demanda a la Comisión Europea - *Por UNESID* 14
- Comité Organizador de BcnRail 2011 16
- Tecnologías aeroespaciales para el sector de la automoción/tecnologías de la automoción para el sector aerospacial 18
- DRIVAC y MAGiNTEGRA, innovación para la industria 20
- Las empresas agrupadas en HEGAN crecen un 7,5% 22
- Algunas consideraciones sobre los tratamientos térmicos de los aceros rápidos (Parte I) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz* (†) 25
- Estudio de los tratamientos térmicos de la aleación Ti.6Al-4V obtenida por pulvimetalurgia - *Por L. Bolzoni, Á. Vaz Romero, E. M. Ruiz-Navas y E. Gordo* 36

Guía de compras 44

Indice de Anunciantes 48

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

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

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

Redactor honorífico: José María Palacios

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

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

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

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

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

Asociación colaboradora
ASAMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

¿Cuánto queda?

Esta **Cumbre Industrial** de Bilbao va a marcar el inicio de la ansiada recuperación que tanto buscamos. Seguro que sí.

Los que todavía quedamos en pié, aunque con mucho esfuerzo y ya que hemos llegado hasta aquí, tenemos que aguantar un poco más. Cuanto no lo sé, pero sí queda menos.

Por nuestra parte, hemos hecho un gran esfuerzo acudiendo a **GIFA**, ahora aquí en Bilbao y en unos días en Sao Paulo (**FENAF**). Y lo vamos a seguir realizando a final de año (**Equiplast**, **Eurosurfas** y **Euroguss**), que nuestros anunciantes nos acompañen a todos estos eventos y puedan también difundir sus servicios y tecnologías en el sector. Es muy importante para todos.

Aunque son casi ya 3 años desde finales de 2008 que comenzó a "asomarse el huracán", en esta vida hay que ser realista, pero el optimismo nos ayuda a seguir adelante.

Como dice Ángel Nieto en televisión en las carreras de motos, "hay que echar el resto".

Antonio Pérez de Camino

Hornos
Laboratorio e industriales

Quemadores
recuperativos y regenerativos

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

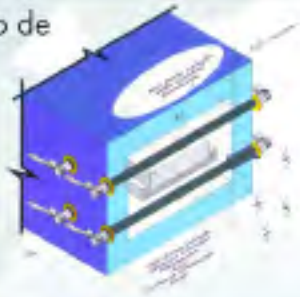
AEG
Power supply systems

Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic

Sonda Lambda

Carburo de Silicio



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

MoSi2 (Hasta 1800ºC)

Interbil

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

www.interbil.es

Cumbre
27-30/09/2011
Pabellon 3
Stand B23

Cámaras Térmicas de alta resolución

INFAIMON presenta las nuevas G95 y G96 de SATIR, cámaras que se caracterizan por la gran resolución en la presentación de imagen térmica, 640 x 480, campo de visión (FOV) 24° x 18°/0.5m y la nueva función IR Duo Vision® que combina en tiempo real en la pantalla extraíble la imagen visible con la imagen térmica. Este tipo de equipos son ideales para investigación de fallos, análisis de equipos, procesos y control de calidad.

Info 2

Xpectia Lite de Omron

El nuevo sistema de visión Xpectia-Lite de Omron, la última incorporación a su extensa gama de productos de visión, proporciona plataforma única y versátil con instalación rápida, a la vez que configuración sencilla y rendimiento superior, incluso en las condiciones de funcionamiento más exigentes.

El sistema Xpectia-Lite es compatible con las nuevas cámaras inteligentes con plataforma FQ, el innovador sensor de visión de Omron, que integran potente fuente de iluminación LED, y le permite capturar imágenes con la mayor claridad sin necesidad de usar iluminación u ópticas adicionales. Para satisfacer los requisitos de las aplicaciones más exigentes, también se pueden conectar cámaras de alta resolución de hasta 2 megapíxeles.

Entre las características del controlador de visión Xpectia-Lite destacan la detección en color real, imágenes de alto rango dinámico (HDR), filtro de polarización y otras potentes funciones que proporcionan una detección fiable en las condiciones más exigentes.

Para facilitar una rápida y sencilla configuración, el controlador cuenta con más de 50 funciones de procesamiento y preprocesamiento de imágenes, entre las cuales se incluyen medidas de dimensiones, búsquedas de patrones y colores, detección de defectos, contaje de piezas y reconocimiento de caracteres.

Las funciones de procesamiento se pueden combinar con facilidad creando programas de gráficos de flujo, que pueden incorporar ramas condicionales y lazos. Gracias a esta cómoda programación, el Xpectia-Lite puede proporcionar un nivel de versatilidad incomparable respecto a otros sensores compactos de visión.

Para garantizar una integración sencilla y completa en líneas de producción, el Xpectia-Lite cuenta con comunicaciones de red Ethernet/IP de serie e incluye también TCP/IP, e interfaces serie y paralelo. Además incorpora una nueva función de unidad de red que permite a los usuarios producir y almacenar imágenes a través de la red. Si se usa junto con un disco duro de alta capacidad, esta función representa una cómoda solución para el registro de imágenes a largo plazo.

Info 3

MATELEC 2012 apuesta por la eficiencia energética

IFEMA trabaja ya en la décimo sexta edición de MATELEC, que se celebrará del 23 al 26 de octubre de 2012, en la Feria de Madrid. Una convocatoria que viene marcada por el cambio de imagen y una nueva definición de su sectorización, adaptándose a la realidad del sector; así como por el apoyo de la organización a la participación a través de distintos medios acordes al momento actual.

En primer lugar, MATELEC hace suyo el concepto que se está imponiendo en esta industria de la gestión de la Energía y la sostenibilidad medioambiental, modificando su tradicional leyenda de Salón Internacional de Material Eléctrico y Electrónico, por el de Salón Internacional de Material Eléctrico y de Eficiencia Energética. Con este cambio, el certamen se posiciona en un terreno, como el de la eficiencia energética, que tiene una creciente proyección.

Hornos para tratamientos de temple en vacío

Hornos para tratamientos de soldadura y sinterización en vacío

Líneas automatizadas para tratamientos en vacío

Líneas automatizadas para tratamientos a baja presión

Líneas automatizadas para tratamientos en atmósfera controlada

Hornos de pote de nitruración, nitrocarburación y preoxidación

Hornos de pre-calentamiento de matrices en atmósfera protectora

REPRESENTANTE EN ESPAÑA:

SUNTEC
Maquinaria Técnica S.L.

Suntec Maquinaria Técnica S.L.
Av. Castilla, 32 Nave-52
28830 San Fernando de Henares (Madrid)
Telf: 91 677 77 34 Fax: 91 677 88 90
comercial@suntecmt.com
www.suntecmt.com

En este mismo sentido, MATELEC adapta su logotipo a esa realidad, con una imagen muy visual, incorporando el verde a su tradicional tonalidad azulada.

Info 4

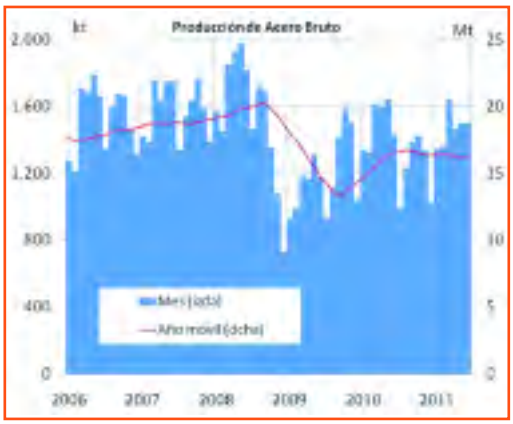
INGENER

Desde el pasado 1 de junio, INGENER. Ingeniería del Nervión, S.A. con sede en Sondika (Bizcaia) ha asumido la explotación de la marca HINGASSA. Así, INGENER se hace cargo de las actividades desarrolladas por HINGASSA incorporando la tecnología y personal de la misma, tanto en el campo de la construcción y mantenimiento de hornos de tratamiento térmico como de instalaciones receptoras de gas.

Info 5

Aumento del 4,5% en la producción de acero

La producción de acero bruto en las fábricas españolas ha sido de 1,49 millones de toneladas en este mes de junio, un 4,5% más que en junio de 2010. Así, se completa una cifra de 8,83 millones de toneladas en el primer semestre del año.



La producción ha sido muy estable en este segundo semestre, con 1,49 millones de toneladas también de promedio mensual y muy pequeñas variaciones internas. A su vez, crece un 2,2% sobre la cifra del primer trimestre.

Esta mejora sostenida en el corto plazo contrasta sin embargo con la comparación entre 2011 y 2010. El comienzo del año pasado estuvo marcada por la recomposición de inventarios, por lo que la producción de este primer semestre ha quedado un 1,4% por debajo del primer semestre de 2010.

Info 6

MATGAS celebra su 10º aniversario

Se ha celebrado 10º aniversario de MATGAS, un proyecto pionero que, después de diez años, se ha consolidado como una alianza estratégica y un modelo empresarial de gestión, nacido a partir de la colaboración de una entidad privada, Carburos Metálicos, del grupo multinacional Air Products; y dos entidades públicas, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universitat Autònoma de Barcelona.

El acto ha contado con la presencia de Rafael Rodrigo, presidente del CSIC; Ana Ripoll, rectora de la Universitat Autònoma de Barcelona; Lluís Jofre Roca, Director General de Universidades del Departamento de Economía y Conocimiento de la Generalitat de Catalunya, y Lourdes Vega, directora de MATGAS, junto con otros directivos de Air Products y Carburos Metálicos.

MATGAS es un centro con personal y proyectos propios, que hace investigación de una manera diferente y que combina las sinergias entre el sector industrial, el académico y el de investigación pública, para el beneficio de la sociedad. Con sede en la provincia de Barcelona, MATGAS da servicio a proyectos de ámbito internacional.

Info 7

Hornos de doble cámara con enfriamiento a gas o en aceite.
Hornos de temple de alta presión – 25bar helio.
Cementación en vacío FineCarb®, Sistema Modular Rotativo.
Hornos de revenido con retorta y opción de nitruración gaseosa ZeroFlow®.
Aplicación especial, 10^{-7} mbar, 2300°C.
Temple a alta presión / Hornos de alto vacío verticales y horizontales.
Sinterizado en vacío.
Turbina de gas / Componente del recubrimiento del sistema de sinterizado.
Repuestos, reparaciones y modernizaciones.

SECO/WARWICK

EQUIPO DE TRATAMIENTO TERMICO EN VACIO

SECO/WARWICK S.A.
ul. Sobieskiego 8; 66-200 Swiebodzin Poland
Tel: + 48 68 3820 501; Tel: + 48 68 3820 598; Fax: +48 68 3820 555
info@secowarwick.com.pl; vacuum@secowarwick.com.pl; www.secowarwick.com.pl

Persona de contacto: Bakarne Egiguren Sarasua
ARROLA HORNOS Y SERVICIOS, S.L.L.
Polígono Industrial Argixao, 60; E 20700 - Zumarraga (Gipuzkoa) Spain
Tel. (+34) 943 725 271; Fax (+34) 943 725 634
info@arrola.es; www.arrola.es

NOSOTROS VEMOS SUS NECESIDADES EN TRATAMIENTO TERMICO

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

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.

Como se apuntaba en el número anterior, vamos a plantear la necesidad de precalentar los moldes antes de ser utilizados en producción. Ya indicábamos que es una buena práctica y realmente lo es, pero siempre que se realice correctamente.

Mi experiencia me dice que son pocas las fundiciones que precalientan bien sus moldes antes de comenzar la producción y todavía muchas menos las que mantienen en caliente los moldes en los paros o pausas de la producción, por los motivos que sean.

Es una concepción común y errónea que las únicas razones para precalentar el molde son:

- Para reducir el tiempo de producción antes de que se hagan piezas con buenas superficies.
- Para reducir la diferencia de temperatura entre el molde y el metal fundido.

Ambas cosas ocurren y son beneficiosas. Los efectos son mas o menos similares, cuanto más caliente esté el molde, mayor el efecto. Sin embargo, el incremento en temperatura tiene un efecto muy grande en la resistencia del molde, y este efecto no es lineal.

Todos los aceros pasan por una transición frágil-dúctil y para los aceros de herramientas para Trabajo en Caliente, esta temperatura está situada alrededor de los 150-200 °C. Por debajo de esta temperatura el acero puede tener entre un medio y un quinto de la resistencia que tiene por encima de esta temperatura. Por lo tanto, si no se precalienta el molde por encima de estas temperaturas de transición frágil-dúctil, existe una gran probabilidad de que el molde sufra daños por fatiga debido a pequeñas fisuras, que se iniciarán y se extenderán ya como grietas rompiendo el molde en esta zona. Este fenómeno puede explicar que un molde pueda resistir un gran choque térmico (como al abrir el agua cuando está muy caliente), para romperse como se le hace lo mismo a una temperatura inferior.

NOTA: Seguiremos en el próximo número con interesantes aportaciones de los lectores y aparecidas en las últimas revistas FUNDI Press y TRATER Press, que son perfectamente aplicables al tema que estamos tratando en este FÓRUM.

Es el momento de avanzar

Cumbre 2011

Con Francia como País de Honor

- Amplios programas para reconocer las oportunidades de negocio en Francia.
- Agenda de entrevistas con fabricantes franceses.

Y nuevas herramientas promocionales para rentabilizar su participación

- Áreas de nuevos proyectos y negocios.
- Jornadas de diversificación de actividad.
- Catálogo On-line.
- Business Meetings.
- Difusión de novedades.
- Campaña de visitantes y delegaciones extranjeras.

Aproveche las ventajosas condiciones económicas por inscribirse ahora

trasmet 11 CUMBRE

automatización 11 CUMBRE

subcontratación 11 CUMBRE

BILBAO EXHIBITION CENTRE
P.O. Box: 468
48080 BILBAO
Tel.: (+34) 94 404 00 78 / 93
Fax: (+34) 94 404 00 01
E-mail: cumbre@bec.eu
www.bilbaoexhibitioncentre.com

B! E! C! BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

Hornos del Vallés consolida su expansión en el mercado francés

Cuando nos preguntan cual es nuestro hecho diferenciador y miramos atrás después de 35 años en el mercado, lo tenemos claro, nuestra diferenciación es escuchar al cliente.

Somos conscientes que tenemos competidores de alto nivel, pero muchos trabajan de forma muy estandarizada y sujetos a estrictas estructuras organizativas. Desde hace tiempo hemos sabido aprovechar la ventaja de tener una estructura muy flexible que nos permite estar muy cerca del cliente.

Escuchamos sus necesidades, las analizamos y les ofrecemos una máquina fabricada a su medida. Tanto podemos ofrecerles los artículos que están en catálogo como fabricarle un modelo único y exclusivo para ellos. Desarrollamos de principio a fin nuestros proyectos sin necesidad de subcontratar servicios de

otros profesionales, esto nos permite ofrecer unos precios muy competitivos y controlar todo el proceso de producción para darle el máximo de calidad.

Nuestro cliente agradece el trato directo, no hay intermediarios, los responsables del departamento de diseño son quienes tratan con ellos todos los detalles técnicos y las bases del proyecto. Y lo más importante, saben que siempre estamos a su lado, dispuestos a ayudarles, a menudo nos solicitan modificaciones o ampliaciones o simplemente les resolvemos sus dudas. En un mundo en el que la tecnología domina todos los campos el trato personalizado ha pasado a ser un bien preciado.

A nivel nacional uno de nuestros últimos proyectos ha sido la estufa eléctrica que muestra la fotografía, una estufa de secado con puerta y carro extraíble diseñada para cubrir las necesidades de nuestro cliente, dedicado a la fabricación de puertas automáticas para garaje. Se le ha instalado un sistema vías que le facilita la carga y descarga de piezas grandes.

Desde hace casi una década hemos extrapolado nuestra experiencia al mercado francés, actualmente estamos trabajando para importantes empresas que pertenecen a sectores muy diferentes como la cerámica técnica para la industria farmacéutica o la fundición de cobre para grandes escultores, también les ofrecemos el servicio de mantenimiento de sus instalaciones

Cada nuevo proyecto significa para nosotros un reto y un aliciente para continuar correspondiendo la confianza que nos muestran nuestros clientes.

“greentelligence” es el tema clave de HANNOVER MESSE 2012

El aumento de los precios de las materias primas, la escasez de los recursos y los elevados costes de la energía, así como un nuevo comportamiento de la demanda hacen que tanto las pymes como los grandes consorcios empiecen a cambiar su modo de pensar a nivel mundial. La industria se encuentra ante grandes desafíos, pues el desarrollo y la aplicación de productos y procesos con bajo impacto ambiental, así como las tecnologías verdes acaparan cada vez más el centro de atención de una gestión empresarial sostenible. “Gracias al tema central, greentelligence’ examinamos este desarrollo. Nuestros expositores en las ocho ferias clave de HANNOVER MESSE 2012 van a poner de manifiesto que solo una conexión directa en la producción industrial de procedimientos eficaces, materiales ecológicos y productos sostenibles puede asegurar la competitividad en los mercados internacionales, que se desarrollan de modo tan dinámico”, afirma el Dr. Wolfram von Fritsch, presidente de la junta directiva de Deutsche Messe AG.

Del 23 hasta el 27 de abril las empresas presentan en HANNOVER MESSE 2012 las tendencias actuales del sector en los ámbitos centrales de la automatización, las tecnologías energéticas, la subcontratación y los servicios industriales, así como la investigación & desarrollo. En este contexto se celebrará por primera vez la feria clave IndustrialGreenTec, que presenta conceptos de futuro y productos ya disponibles en el campo de las tecnologías ecológicas y la sostenibilidad. Gracias a este certamen la industria cuenta por primera vez con una plataforma para poner en escena productos y procedimientos destinados a una producción sostenible.

Industrial Automation incluye asimismo “greentelligence”: aquí los expositores presentan entre otras cosas soluciones para una automatización de la producción y de procesos inteligente y de bajo impacto ambiental. Los procesos de automatización de eficacia energética se basan en TI inteligentes.

Digital Factory constituye un importante precursor de una producción y cadenas de procesos eficaces, suministrando las soluciones inteligentes necesarias para futuros productos finales.

Las ferias clave Energy y MobiliTec ya por su enfoque temático apuestan por „greentelligence“. Estos ramos industriales contribuyen en gran medida al desarrollo de las tecnologías verdes, impulsando temas tales como la electromovilidad, los conceptos de producción de energía renovable y el desarrollo de altas tecnologías en la construcción convencional de centrales energéticas.

La feria clave internacional Industrial Supply constituye el núcleo en la aplicación de componentes y materiales de bâajo impacto ambiental en la industria. Los expositores del ámbito de la subcontratación industrial, sumamente innovadora, contemplan como su función principal aumentar constantemente el uso eficaz de la energía y los materiales dentro de los procesos industriales, a fin de incrementar la rentabilidad, reduciendo a su vez el impacto ambiental.

Complementando los temas de la subcontratación de HANNOVER MESSE, los expositores de Coil-Technica muestran sus últimos procedimientos y materiales para fabricar bobinas, motores eléctricos, generadores y transformadores eficaces.

Research & Technology ofrece una panorámica exhaustiva del desarrollo y la futura aplicación de tecnologías, materiales y procedimientos ecológicos y sostenibles. En la feria clave mundial de investigación y desarrollo se presentarán los últimos resultados de I&D a lo largo de toda la cadena industrial de valor añadido.

El País Asociado de HANNOVER MESSE 2012, China, reforzará el tema clave "greentelligence", centrando su presentación en HANNOVER MESSE 2012 en el tema clave propio "Green + Intelligence". Según las declaraciones de Gu Chao, director general del departamento de ferias monográficas del Consejo Chino para la Promoción del Comercio Internacional, las empresas y centros de investigación chinos presentarán en Hannóver en abril de 2012 proyectos innovadores, entre otros de los ámbitos de pro-ducción energética sostenible, redes energéticas inteligentes y GreenTech.

"El tema central ‚greentelligence' se va a extender por toda la HANNOVER MESSE como un hilo conductor. En la industria ninguna empresa ya no puede eludir estos requisitos del futuro", concluye von Fritsch.

NITRURACIÓN IÓNICA CON PANTALLAS ACTIVAS:

- Una larga densidad de carga.
- Un bajo consumo de gas (sin NH3).
- Un perfecto respeto del Medio Ambiente.
- Flexibilidad del tipo de capa nitrurada.
- …

Vacutrem y Grupo TTT están a su disposición para mostrarle las prestaciones de este proceso.

MTC Metal Treatment Consult

Su contacto en Francia
101 rue de Mundelsheim 73290 LA MOTTE SERVOLEX
Tel.: 0033 479 65 11 57 - E-mail: lducerf@mtc-fours.com

La siderurgia europea demanda a la Comisión Europea

Por UNESID

Eurofer (la asociación europea de la siderurgia) ha presentado un recurso ante el Tribunal de Luxemburgo contra la Decisión de la Comisión que asigna derechos de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la siderurgia.

La Directiva de comercio de derechos de emisión prevé, para proteger a la economía europea del riesgo de deslocalización de la industria, la asignación de derechos de emisión, gratuitos, a las industrias sometidas a la competencia internacional, en base a un estricto sistema que beneficia a las instalaciones más eficientes (evaluación comparativa o "benchmark" en inglés). Las instalaciones más eficientes deberían disponer del 100% de los derechos de emisión con carácter gratuito.

La definición de los sectores en riesgo de deslocalización se realizó después de un escrutinio detallado de cada sector, de su exposición a la competencia internacional, los flujos comerciales, etc.

Sin embargo, la Decisión del a Comisión ha fijado un estándar para la siderurgia integral que es técnicamente inalcanzable, como la propia industria ha demostrado a la Comisión y a sus asesores externos.

Al fijar el estándar para la siderurgia integral, la Comisión ha decidido no tomar en consideración los gases de proceso, que se producen inevitablemente en la producción de acero, y que se utilizan para producir electricidad, sustituyendo el uso de combustibles fósiles.

El estándar fijado por la Comisión es inferior en un 17% a la media de las emisiones del sector en el periodo considerado de cómputo (2005-2008) y un 10% inferior al estándar propuesto por Eurofer, que corresponde a las instalaciones europeas más eficientes.

Como consecuencia de esta decisión, la siderurgia europea dejará de recibir entre 2013 y 2020 20 millones de derechos de emisión menos por año, lo que puede suponer, si se considera un precio conservador de los derechos de emisión de 30 €/t, un sobrecoste de 4.800 millones de Euros en el conjunto del periodo 2013 – 2020.

Adicionalmente, la industria siderúrgica está a la espera de que la Comisión adopte un reglamento para compensar a las industrias intensivas en energía de los sobrecostes que tendrá la energía eléctrica al aplicar la Directiva, a partir de 2013.

Eurofer ha solicitado del tribunal:

- Que se adopte el procedimiento de urgencia para fallar sobre el fondo del asunto, que reduciría los plazos a un año, permitiendo conocer la decisión del tribunal antes de que comience la aplicación efectiva de la Directiva
- Que suspenda cautelarmente la decisión de la Comisión, hasta el pronunciamiento del Tribunal.

La anulación de la Decisión de la Comisión, por aplicación incorrecta de la Directiva de Comercio de derechos de emisión.

ModulTherm®2.0 – una tecnología duradera

El sistema ModulTherm de ALD se utiliza con éxito, desde hace muchos años, para cementación en vacío y temple de piezas en serie. La nueva versión ALD ModulTherm®2.0 permite una disponibilidad todavía más importante, una flexibilidad óptima de procesos y también reducir los costes de fabricación, con un gran respeto por el medio ambiente. Nuestro excelente equipo técnico le ayudarán a asegurar un funcionamiento fluido y continuo de sus instalaciones.

¡No dude en contactarnos para más información!

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

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

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

FLUIDOS DE TEMPLE DE ALTO RENDIMIENTO

- Aplicación a una gran variedad de calidades de aceros y dimensiones y geometrías de piezas.
- Baja viscosidad y por tanto mínimo arrastre/consumo.
- Fácil lavado en la mayoría de los casos sin necesidad de agentes limpiadores.
- Alta resistencia al estrés térmico y oxidación.
- Vida de servicio ilimitada sin necesidad de llenados periódicos ni restaurar aditivos.
- Eficiencia económica inmejorable.
- Control de calidad de su aceite en nuestros modernos laboratorios.

COMERCIAL SATEC
SOCIEDAD LIMITADA

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

QUENCHING TECHNOLOGY

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

Comité Organizador de BcnRail 2011

El Ministerio de Fomento, en Madrid, fue el pasado 25 de mayo la sede de la primera reunión del Comité Organizador de BcnRail, Salón de la Industria Ferroviaria de Fira de Barcelona que, del 29 de noviembre al 2 de diciembre, cumplirá su tercera edición. El director general de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento, Manel Villalante, participó en el acto que supuso, además, la primera intervención de Javier Vizcaíno como presidente del certamen.

La celebración del Comité Organizador de BcnRail en la sede ministerial responde, según su presidente Javier Vizcaíno, al interés del salón por "consolidarse como el evento ferial de referencia de la industria ferroviaria a nivel español" y pone de manifiesto el pleno apoyo que la Administración del Estado ofrece al certamen, que cuenta con la colaboración de todas las Administraciones Públicas desde su primera edición, celebrada en 2007.

En este sentido, cabe destacar la participación del director general de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento, Manel Villalante, quien dirigió unas palabras a los miem bros del Comité Organizador en las que señaló que "la prioridad actual del Gobierno español pasa por fomentar el transporte de mercancías por ferrocarril". Villalante remarcó que "España es el país líder en la alta velocidad para el transporte de pasajeros y ahora toca potenciar el tráfico de mercancías".

El presidente y el director de BcnRail, Javier Vizcaíno y Xavier Pascual, respectivamente, dieron cuenta de las novedades organizativas de BcnRail. En estos momentos, más de 70 empresas han anunciado su participación en un certamen que, entre otras

actividades, contará con el Primer Foro Internacional Ferroviario, en el que se abordarán diversas cuestiones de actualidad en relación a la actividad ferroviaria como el futuro de los proyectos de infraestructuras, el Corredor Mediterráneo, la construcción de túneles o la presentación de productos innovadores para estaciones.

Además, está prevista la celebración de una Convención Internacional de Clústers Ferroviarios por iniciativa del clúster Railgrup y una nueva edición de BcnRail Innova en la que se presentarán los últimos proyectos de I+D+i del sector en colaboración con la Fundación de Ferrocarriles Españoles (FFE).

El coordinador de estas jornadas, Ramon Busquet, avanzó detalles de un programa de jornadas que reunirá a importantes ponentes nacionales e internacionales. Otra de las novedades presentadas al Comité Organizador de BcnRail fue el hecho de que el salón se celebrará, conjuntamente, con la primera edición de Smart City Expo, un nuevo evento ferial dedicado a mostrar las tecnologías aplicadas para hacer un entorno urbano más sostenible y eficiente.

Tecnologías aeroespaciales para el sector de la automoción/ tecnologías de la automoción para el sector aeroespacial

Los pasados días 15 de Junio y 6 de Julio, respectivamente, los patronatos de las fundaciones CTAE y ASCAMM decidieron iniciar el proceso de fusión por absorción de las dos entidades de investigación y apoyo tecnológico a la industria.

Los patronos de ambas fundaciones, en las que se encuentran representantes empresariales e institucionales-UPC, UAB y ACC1Ó, coincidieron en la necesidad de ganar masa crítica y potenciar la colaboración de las tecnologías de ambos centros; las de ASCAMM, con más de treinta años de historia, un fuerte acento en las tecnologías de la producción, la generación de tecnología propia y una importante presencia en el sector del automóvil; y las de CTAE, que con sólo cinco años de vida, ha conseguido un lugar remarcable en ámbitos tan punteros como la navegación por satélite, las tecnologías de geolocalización y los materiales compuestos.

El proceso se concretará jurídicamente por medio de la integración del CTAE en la Fundación Privada ASCAMM. No obstante, se conservará la marca C-TAE para abordar con garantías el sector aeroespacial y potenciar la puesta en marcha de líneas conjuntas de investigación que se beneficiarán del conocimiento desarrollado por los dos centros.

En conjunto, la entidad resultante contará con más de 150 investigadores-120 procedentes de Ascamm y cerca de 30 de CTAE-, una facturación de más de 12 millones de euros, una cartera próxima a los 400 clientes industriales y una muy significativa presencia internacional.

Un paso decisivo para la reordenación del sistema catalán de ciencia y tecnología, que ganará en eficiencia para alcanzar proyectos de más riesgo e impacto en el tejido industrial. Con esta fusión, el centro resultante estará en condiciones de ofrecer soluciones y oportunidades tecnológicas de mayor alcance para las empresas, facilitando su competitividad y diversificación.

Iniciada la fusión con el acuerdo de sus patronatos, los equipos ejecutivos de los dos centros inician ahora la redacción de un plan estratégico único que tendrá como objetivos principales la valorización de las tecnologías desarrolladas, la creación de nuevas oportunidades en el sector aeroespacial y en el tejido industrial en general, así como en la internacionalización.

SU POKER DE ASES

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

PEDECA *Press* Publicaciones

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

HOT

AICHELIN Group

HORNOS DE TRATAMIENTO – MAQINAS DE INDUCCION - QUEMADORES

Hauzer TECHNO COATING

EQUIPOS DE PVD – Y - PACVD

Lohmann Qualität in Edelstahl

UTILLAJES – PARRILLAS - CESTAS

PINTURAS ANTICEMENTANTES - ANTINITRURANTES

DISEÑO Y CONSTRUCCION

HORNOS DE LABORATORIO E INVESTIGACION

SERVICIO TECNICO

REPUESTOS PARA HORNOS IPSEN

TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.

Poligono Ibaiondo
Pabellón nº 13
20120 Hernani - Spain

TF : + 34 943 33 72 33
Fax : + 34 943 33 72 34
Mv. : + 34 609 20 00 90

e-mail: hot@tecnicashot.com

DRIVAC y MAGiNTEGRA, innovación para la industria

Oerlikon Leybold Vacuum GmbH se especializa en la creación de vacío para aplicaciones industriales. Muchos productos se fabrican hoy en día bajo vacío, como las bombillas, los refrigeradores, componentes de automoción y piezas de ordenador. Ya en 1850, el fundador de la compañía, Ernst Leybold, se dio cuenta de los usos potenciales del vacío. De siempre la naturaleza aborrece el vacío, pero a lo largo de sus 160 años de historia la compañía ha llegado constantemente con nuevas formas de beneficiarse de ella. "Nos estamos reinventando continuamente - a pesar de, o quizá debido a nuestra larga historia como compañía", dijo el gerente Andreas Widl.

Para asegurarse de mantenerse firmemente al día, la compañía presta mucha atención a lo que sus clientes realmente necesitan. Sus deseos y necesidades son introducidos en un "proceso de innovación" gracias a un fuerte marketing de productos y funciones de desarrollo. Una gran cantidad de ideas que se recogen están revisadas y seleccionadas por la alta dirección. Los aspectos financieros juegan un papel clave en este proceso de selección. En lo que respecta a la empresa, la gestión de las innovaciones es también gestión de inversiones. "Porque no importa lo buena que podría ser una idea, su implementación siempre requiere tiempo y la asignación de un determinado presupuesto", señaló Andreas Widl.

Este enfoque ha dado buenos resultados y da muchos beneficios para el cliente, como las innovaciones de los últimos años han demostrado. Las bombas de vacío de compresión seca de la serie DRYVAC y las bombas turbomoleculares de levitación magnética TURBOVAC MAGiNTEGRA están bien acogidas en la industria, ofreciendo un concepto innovador y fiable de bombeo, robusto y casi no requiere mantenimiento. La optimización de los procesos de fabricación mediante la entrega de sistemas de vacío diseñado para las necesidades de los clientes, es uno de los objetivos manifestados por Leybold Vacuum.

La Universidad de Economía y Administración de Empresas de Viena analizó la capacidad de innovación de 272 pequeñas y medianas empresas alemanas durante un período de varios meses. Las 100 mejores empresas –Oerlikon Leybold entre ellas– llevan el sello de aprobación Top 100 por un año.

"Ideas creativas, innovadoras y nuevas formas de pensar son más que nunca una parte integral de nuestra cultura corporativa, lo que creemos se traducirá en mayores ingresos y ganancias en un plazo medio. Es por eso que estamos especialmente orgullosos de recibir el premio Top 100", comentó Andreas Widl.

Las 100 pymes que fueron galardonadas con el sello de aprobación en el año 2011 generaron el año pasado unos ingresos en total de 11,2 mil millones de euros. Sólo en 2010, 769 patentes alemanas y 1.865 internacionales fueron registradas. Cuarenta y ocho de las cien empresas son líderes en sus respectivos sectores en Alemania, y 19 son en realidad los líderes del mercado mundial. En los últimos tres años, 88 de las 100 empresas ganadoras del premio crecieron más rápido que la media en sus respectivos sectores - en un promedio de alrededor de un 16 por ciento.

COMERCIAL

SATEC

SOCIEDAD LIMITADA

EXCELENCIA EN TRATAMIENTO TÉRMICO

PINTURAS PROTECTORAS PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS "CONDURSAL"

- ANTICEMENTANTE
- ANTINITRURANTE
- ESTANQUEIDAD

ACEITES RÁPIDOS DE TEMPLE "DURIXOL":

- ACEITES DE TEMPLE RÁPIDO
- ACEITES DE TEMPLE CON ALTA RESISTENCIA A LA EVAPORACIÓN
- ACEITES PARA TEMPLE MARTENSÍTICO
- ACEITES DE TEMPLE PARA VACÍO

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

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

Fabricamos desde 1975

tecnopiro.com

Temple
Revenido
Recocido
Soldadura
Sinterizado

tecno piro®

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

Las empresas agrupadas en HEGAN crecen un 7,5%

Las 37 organizaciones integradas en la asociación Cluster de Aeronáutica y Espacio HEGAN facturaron el pasado año 1.255 millones de euros, lo que supone un incremento del 7,5% sobre 2009. Las empresas asociadas han cerrado 2010 –un ejercicio en el que, afectadas por la crisis financiera y económica mundial, han necesitado ensayar su capacidad de resistencia–, con crecimiento del personal contratado, la entrada en nuevos segmentos y el mantenimiento de la elevada inversión en I+D.

Estas cifras del cluster se han hecho públicas hoy con motivo de la Asamblea General celebrada en Bilbao, en el transcurso de la cual Jorge Unda, presidente de HEGAN, ha dado a conocer la situación del sector.

A pesar de haber continuado acusando las dificultades generadas por la crisis, el año 2010 ha dejado atrás el estancamiento y ha dado paso a los primeros síntomas de una recuperación incipiente, que se espera continúe a lo largo del ejercicio 2011 y se acelere en el último trimestre del año. El retorno de la confianza de consumidores y líneas aéreas, reflejada en la buena evolución de la aviación comercial del pasado año, y la entrada en producción de nuevos programas, ha impulsado el crecimiento de las ventas de las empresas asociadas en HEGAN.

Así, la cifra total de facturación de todos los asociados en el conjunto de las plantas ha alcanzado los 1.255 millones de euros en 2010, un 7,5% más que el ejercicio precedente, superando la cifra récord de ventas alcanzada en 2008 (1.229 millones de euros). “Podríamos decir, por tanto, que volvemos a la senda del crecimiento, interrumpida puntualmente, y prevemos un nuevo crecimiento para el año 2011, que podría situarse en torno al 6% al finalizar este periodo”.

Del mismo modo, el empleo, a pesar de todos los problemas acaecidos, ha aumentado en un 8,6% en el total de los asociados. Por lo que respecta a la actividad en las plantas situadas en Euskadi, la facturación se ha incrementado en un 4%, hasta alcanzar casi los 663 millones de euros, unas ventas que han sacado adelante 3.738 personas, 14 menos que en el año anterior.

En el capítulo de las exportaciones, las empresas vascas han alcanzado 782 millones de euros, con un crecimiento del 5% sobre el año anterior, lo que representa un porcentaje superior al 62% sobre las ventas totales. Sobresalen las ventas a Alemania,

que se coloca como principal mercado destinatario, con el 29% de las exportaciones totales, mientras que las exportaciones a Brasil y Reino Unido crecen de forma más moderada.

También resulta significativo el esfuerzo mantenido por el sector en inversiones en I+D+i. En los últimos 15 años, las empresas asociadas en HEGAN han destinado una media anual del 16% de las ventas a investigación y desarrollo, un porcentaje que en 2010 supuso una inversión de 142 millones de euros, que viene a suponer el 13% de la inversión total vasca en I+D. "Este esfuerzo permanente y prolongado en el tiempo es el que ha propiciado, junto al resto de factores clave, conseguir la buena situación competitiva de un sector preparado para aprovechar las señales de la recuperación y que genera unos bienes sociales indirectos de gran calado".

Por áreas de actividad, el 49,8% de la cifra de ventas del sector ha correspondido a aeroestructuras, seguida de motores, con el 40,6%. El área de sistemas y equipos supuso casi el 7% de la facturación y experimentó un crecimiento de facturación del 14% frente al pasado año. Por su parte, espacio registró un 2,7% del total.

Destaca una vez más en este ejercicio el buen nivel de exportaciones alcanzado por las pequeñas y medianas empresas del sector. "Nuestras PYMEs han sabido hacerse un hueco cada vez mayor, de forma directa, con contratistas de otros países a los que suministran desde grandes utillajes para estructuras de avión a piezas de nacelles (carenados), a componentes estructurales y de motores, sistemas y equipos y ensayos. Cabe mencionar el importante papel de las PYMES en la creación de empleo en el País Vasco. Más de 1.000 empleos, aproximadamente un tercio del empleo en las plantas vascas, corresponde a estas empresas, que venden más del 50% a empresas fuera del cluster.

Previsiones del sector

El más reciente pronóstico a cinco años de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) prevé que el crecimiento en las cifras de pasajeros será de 5,8% promedio anual hasta 2014, lo que sig-

EVOLUCIÓN INDUSTRIA AERONÁUTICA Y ESPACIAL GENERADA POR MIEMBROS DE HEGAN

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010
FACTURACIÓN (MC)	983	1.114	1.229	1.167	1.255
EXPORTACIÓN (MC)	806	820	884	745	782
EMPLEO	7.117	7.812	9.055	9.819	10.664
I+D (M €)	108	99	123	162	148

Datos de facturación, exportación e inversión en I+D en millones de euros
Fuente: HEGAN

EXPORTACIONES (MC)

PAÍS	2008	2009	2010
BRASIL	256 (29%)	142 (19%)	145 (19%)
ALEMANIA	195 (22%)	194 (26%)	227 (29%)
REINO UNIDO	159 (18%)	122 (16%)	129 (16%)
EE.UU.	124 (14%)	129 (17%)	98 (13 %)
OTROS	150 (17%)	159 (21%)	183 (23%)
TOTAL	884	746	782

nifica que para entonces estarán usando el sistema de la aviación mundial unos 3,3 mil millones de personas, 800 millones más que actualmente, planteando cambios y nuevos retos para la industria.

"Previsiblemente, nuestras empresas alcanzarán una fase de mayor dinamismo entre 2011 y 2015, gracias al despegue de la producción y ventas en los nuevos aviones A380, A350XWB y A400M de Airbus, y Boeing 787 Dreamliner, principalmente. Confiamos asimismo en que se produzca una buena evolución y una mayor capacidad de crecimiento de nuestras empresas en los segmentos de helicópteros, aviación regional y de negocios".

Los socios del Cluster HEGAN prevén un crecimiento en este periodo que puede llegar al 100 por ciento en motores y oscilar entre el 30 y el 100 por ciento en aeroestructuras, ligado al cumplimiento de las cadencias previstas por los distintos programas.

Los trabajos para el programa A350XWB de Airbus, que se prevé que vuele en 2012 y llegue a los clientes en 2013, son de gran importancia para el futuro de las empresas vascas. Los socios participan en diversas fases de diseño conceptual y de detalle de componentes, utillajes y ensayos estructurales y, en los casos de Aernnova, Aciturri y Alestis, participan comos socios a riesgo con grandes paquetes de trabajo de las grandes estructuras del avión. Esta fórmula de trabajo a riesgo se extiende al motor Trent XWB, en el que ITP es responsable de la turbina de baja presión de su motor.

Destaca la entrada de las empresas vascas en nuevos segmentos de helicópteros, como el SuperPuma de Eurocopter y el NH90 de Agusta Westland, y en aviones ejecutivos, entre los que cabe mencionar varios aparatos de Hawker Beechcraft Corporation (HBC), dentro del programa de diversificación del sector.

Debemos, sin embargo, seguir haciendo frente a estimulantes desafíos derivados de la globalización, ante los que nuestro sector debe desarrollar y mantener su ventaja competitiva de forma sostenible a través de la mejora en la eficacia y eficiencia en cada uno de los eslabones integrantes de la cadena de valor del producto. Entre estos retos señalamos la dolarización en el proceso de compras y un euro quizás sobrevalorado, la volatilidad del coste de las materias primas, los costes salariales más altos que en otras áreas, el entendimiento con los agentes laborales para construir competitividad entre todos, la obtención de una financiación adecuada a los plazos y cifras del sector y la necesidad de mantener altos niveles de I+D+i. Deseamos seguir siendo competitivos con localizaciones estratégicas y cuidando especialmente el crecimiento de los puestos de trabajo ubicados en Euskadi.

La Asociación Cluster Hegan está formada por 37 entidades: Aernnova, ITP y Sener como miembros fundadores y las empresas Aciturri, Aeromec, Aerospace Engineering Group, Aerovision, Aibe, Alestis, Alfa Microfusión, Altran, Aratz, Astorkia, Ayzar, Burdinberri, Burulan, DMP, Electrohilo, Grupo TTT, Industrias Galindo, Ingemat, LTK Grupo, Mesima, Metraltec, Nivac, Novalti, Nuter, QAES, Siegel, Sisteplant, Tecnasa, Industrias TEY, Grupo Tamoin y Tecnichapa WEC, además de los centros tecnológicos CTA, Tecnalia e IK4. Estas organizaciones representan más del 99% del sector aeronáutico y espacial vasco.

Algunas consideraciones sobre los tratamientos térmicos de los aceros rápidos (Parte I)

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

1. Introducción

Las herramientas de acero rápido se someten a procesos térmicos de endurecimiento con el fin de poder garantizar sus características mecánicas y propiedades de empleo. En el tratamiento térmico las herramientas se exponen a unos ciclos determinados de temperatura y de tiempo, que ocasionan una alteración de su masa matricial o estructura; estructura que influye, consecuentemente, en el rendimiento de las herramientas una vez que éstas se han templado y revenido.

Para evitar distorsiones en las herramientas, durante su tratamiento final de endurecimiento, se les suele realizar un recocido subcrítico previo [Tª = (650 ÷ 680 °C)] para eliminar las posibles tensiones lineales que, normalmente, se producen durante el mecanizado y puesta en forma de las herramientas.

El tratamiento térmico de endurecimiento es, al mismo tiempo, una transformación martensítica y asimismo un endurecimiento por transformación de carburos. La austenización antes del enfriamiento de temple se efectúa a alta temperatura [Tª = (1.200 ÷ 1.280 °C)]. Esto permite que se disuelvan en la austenita gran parte de los carburos complejos, inicialmente, presentes; mientras que el resto permanecen sin disolver e impidiendo así el crecimiento de los granos. La velocidad crítica o intensidad de enfriamiento es pequeña, pero siempre la suficiente para que el temple se pueda efectuar: en aire soplado, en gas a presión, en aceite o, mejor aún en baño de sales a 550 °C de temperatura.

El revenido es una operación adicional y esencial. Cada ciclo de revenido –*normalmente se efectúan* 2 ó 3 *revenidos*–, se realiza a una temperatura comprendida entre 540 y 560 °C, y tiempo mínimo de 1 hora. Esto permite, sucesivamente, la transformación –*en el primer revenido*– de la austenita retenida en martensita y la precipitación de partículas muy finas –0,01µm– de carburos de volframio (**W_3C**) y de vanadio (**V_4C_3**) en esa masa matricial martensítica, muy sobresaturada y endurecida.

El endurecimiento secundario de la matriz martensítica es muy importante; ya que es la base de las propiedades de rigidez en caliente de los aceros rápidos, particularmente, debido a la concentración en volumen de carburos (10/15%) embebidos en dicha masa matricial. Por su alta dureza los carburos, [**$(Fe\ W)_3C$** = 1.500 HV; **V_4C_3** = 2.000 HV], mejoran la resistencia al desgaste; pero, sobre todo, impiden el crecimiento del tamaño de grano de la matriz martensítica durante el trabajo del material en caliente.

Como el resto de aceros para herramientas, los tratamientos más usuales a los que se someten los aceros rápidos son: (1) **recocido**; (2) **temple**; y (3) **revenido**.

1.1. Recocido de ablandamiento

El recocido de ablandamiento obviamente tiene por objeto ablandar el acero, eliminando los efectos de su anterior estado, al mismo tiempo que

permite un buen mecanizado por corte mediante arranque de viruta. Recordamos que los aceros rápidos, a igual que todos los aceros aleados de herramientas, normalmente, se suministran ya recocidos por el acerista. No obstante dicho recocido se ha de tener en cuenta, al estudiar el conjunto de los tratamientos térmicos aplicados a los aceros rápidos.

El objeto del recocido de ablandamiento es la formación de una estructura homogénea, libre de tensiones, compuesta de ferrita y carburos, que sea a su vez lo suficiente blanda y mecanizable; y, que al mismo tiempo proporcione la más alta seguridad en el tratamiento final –*temple + revenido*–de la herramienta correspondiente.

La estructura o masa matricial del acero ya recocido está compuesta de ferrita (70/80%) y carburos complejos (20/30%) del tipo que se indica en la **figura 1**; los más gruesos son carburos primarios o de solidificación, y los más finos son carburos secundarios o de precipitación.

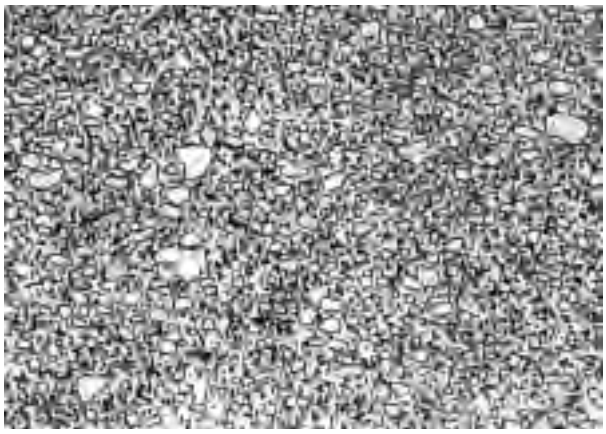


***Figura N° 1**. Estado de recocido total. Estructura formada por carburos globulares, finos y algunos gruesos, sobre una masa matricial ferrítica. Acero rápido **6-5-2** estándar.*

El recocido de los aceros rápidos tiene una gran importancia, por lo que se recomienda realizarlo con muchas precauciones. La temperatura de recocido, siempre, ha de ser la correcta para poder alcanzar la máxima disolución de los carburos durante la austenización; y, para obtener luego en el temple, la máxima dureza en caliente.

Un recocido típico, que podríamos llamar de regeneración o recocido total, es el que describimos a continuación:

Calentamiento lento a un máximo de 30 °C por hora, hasta alcanzar la temperatura de recocido. Temperatura de recocido comprendida entre 850 y 870 °C, para los aceros tipo **6-5-2**; y temperatura entre 870 y 890 °C para los aceros con alto cobalto (**Co** = 10%).

Tiempo a la temperatura de recocido entre 2 a 4 horas, + 30 minutos adicionales por cada 25 mm. de espesor de las piezas a recocer.

Enfriamiento luego del material, dentro del horno, a velocidad controlada de 10/15 °C/hora, hasta alcanzar la temperatura de 550 °C. Llegado el horno a esta temperatura, ya se pueden sacar del horno las piezas y continuar su enfriamiento al aire tranquilo hasta la temperatura ambiente.

La dureza de recocido que se alcanza, varía según el tipo de acero, pero normalmente está comprendida entre 230 y 300 Brinell [**HB =** (230 ÷ 300)]. La mala maquinabilidad de los aceros rápidos, demasiados blandos, se observa en la **figura 2**; esto ocurre, particularmente, en el fresado de algunos cortantes, donde se obtienen un acabado superficial muy basto, y una excesiva rugosidad.

***Figura N° 2**. Dificultades de mecanizado y acabado muy basto e irregular de una fresa frontal. Causa principal: material excesivamente blando.*

1.2. Recocido subcrítica

Es un hecho constatado que el tipo de recocido influye de una forma determinante en el tamaño de grano austenítico que se obtiene, posteriormente, en el temple. Técnicamente está confirmado que: si a cualquier tipo de acero rápido se le efectúa un recocido subcrítico, partiendo de un tamaño de carburo primario determinado, presenta un grano austenítico más fino que si se les realiza un recocido de ablandamiento o de total transformación; **figura 3**.

Pero esa gran diferencia que se observa en el tamaño de grano austenítico, según la temperatura del recocido, aún partiendo de un determinado tamaño de los carburos primarios, no puede ser explica-

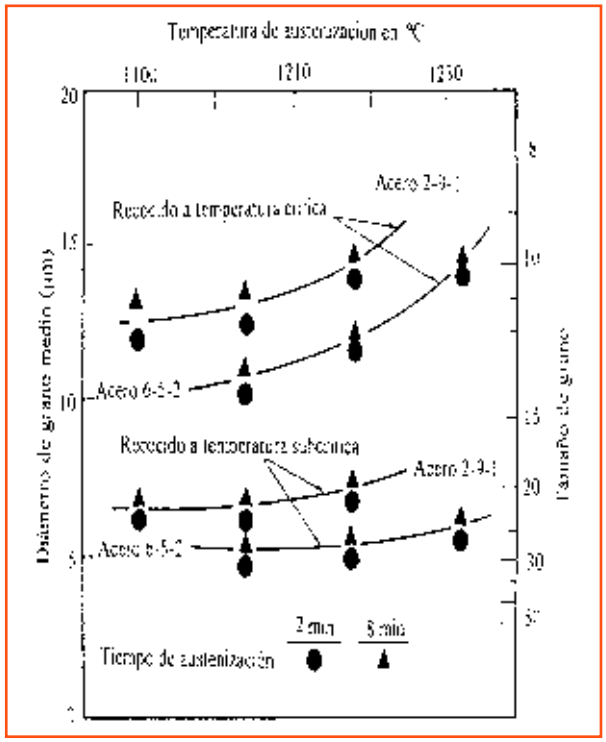


***Figura Nº 3**. Influencia de la temperatura y del tiempo de austenización en el tamaño de grano austenítico según la estructura previa de recocido. Aceros rápidos **2-9-1**; y **6-5-2** (Neumeyer & Kasak).*

da sólo de acuerdo con las características de dichos carburos (primarios). Por ello se ha intentado dar una explicación en función de las características de los carburos secundarios; y así se puede suponer lo siguiente:

- El recocido a temperatura crítica –*entre* 850 y 890 °C–, los carburos secundarios precipitan en la región austenítica, o bien provienen de la descomposición de la austenita en la parte superior de la zona de transformación.
- En el recocido subcrítico –*temperatura entre* 750 y 790 °C– los carburos secundarios precipitan debido al "revenido" de la martensita.

Por tanto se comprende que haya significativas diferencias en el tamaño y morfología de los carburos secundarios. En el primer caso aparecen partículas masivas esferoidales; en el segundo caso, los carburos son más finos y pequeños; y, apreciablemente, más numerosos.

Las interfases carburo-ferrita, son lugares muy efectivos de nucleación para la formación de austenita, siendo más homogéneos y numerosos en la microestructura de aquellos aceros que han sufrido un recocido subcrítico. Por tal motivo, la velocidad de nucleación de la austenita será mayor; lo que permitirá, también, la formación de mayor número de granos austeníticos y, en consecuencia, el tamaño de grano será más fino en el momento del temple.

Un ciclo de recocido subcrítico, cada vez más generalizado, es el siguiente:

- Calentamiento lento [20 ÷ 30 °C/hora] hasta llegar a una temperatura comprendida entre 780 y 800 °C; temperatura final de recocido.
- Tiempo a la temperatura de recocido y "empape" de calor: entre 2 y 4 horas.
- Enfriamiento dentro del horno, a velocidad controlada [10 ÷ 15 °C/hora] hasta alcanzar la temperatura de 550 °C.
- Enfriamiento posterior, una vez sacadas las piezas del horno, al aire tranquilo.

Según queda confirmado, en esta forma de recocido se opera por debajo de la temperatura de transformación crítica; con lo cual disminuye, sensiblemente, el peligro de descarburación superficial del material correspondiente.

1.3. Recocido eliminador de tensiones

Durante el proceso de fabricación de las herramientas, mediante el mecanizado con arranque de viruta, o bien, en el conformado y puesta en forma por deformación plástica en frío; se originan tensiones lineales, particularmente en las superficies de las herramientas que pueden ocasionar durante el temple deformaciones, e incluso roturas, cuando se trata de herramientas y útiles de difícil diseño o de geometría complicada.

Por este motivo es aconsejable eliminar las tensiones presentes, mediante un recocido denominado **recocido de eliminación de tensiones**; llamado, igualmente, distensionado y también estabilizado.

El recocido de eliminación de tensiones consiste en calentar, lentamente, las piezas o herramientas a una temperatura comprendida entre 650 y 680 °C, según el tipo de acero rápido. Una vez alcanzada la temperatura de recocido, las herramientas deben mantenerse a dicha temperatura un tiempo mínimo de dos horas. Si son piezas de grandes di-

mensiones es recomendable añadir una hora más por cada 50 mm. de espesor [1 hora x 50 mm]. Después del tiempo y permanencia a la temperatura de recocido, finalmente, se desconecta el horno y las piezas o herramientas se dejan enfriar lentamente en el horno hasta la temperatura ambiente.

1.4. Temple

Para la mayor compresión de los procesos de transformación que tienen lugar durante el tratamiento térmico –***temple***– de los aceros rápidos, hay que estudiar muy a fondo los diagramas de fases o de equilibrio y, al mismo tiempo, los diagramas **TTT** y **TEC** de los aceros rápidos correspondientes. En las **figuras 4** y **5** están indicados dichos diagramas, de transformación isotérmica y de enfriamiento en continuo, correspondientes al acero rápido **6-5-2**.

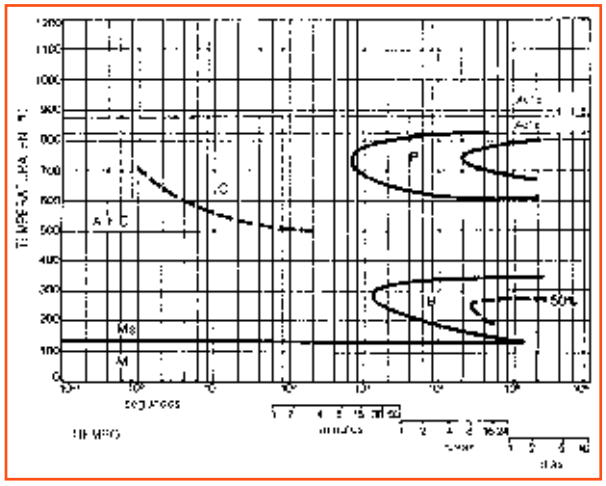


***Figura N° 4**. Diagrama de transformación isotérmica de la austenita, correspondiente al acero rápido **6-5-2** . Diagrama **TTT**.*

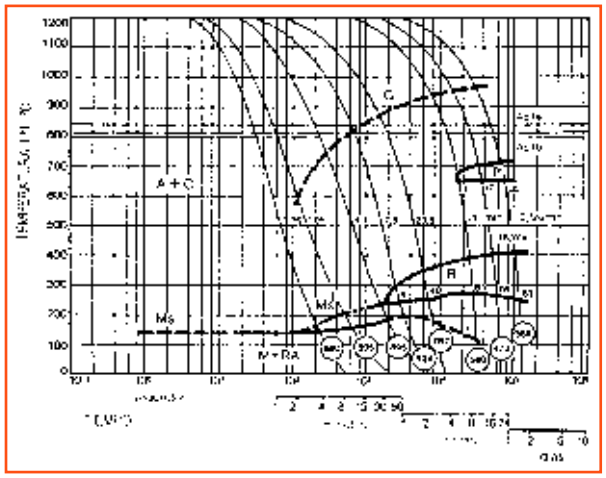


***Figura N° 5**. Diagrama de enfriamiento en continuo de la austenita correspondiente al acero rápido **6-5-2** . Diagrama **TEC**.*

En cuanto a los diagramas de fases, desgraciadamente, no disponemos de mucha información. Acaso el más conocido es el de la **figura 6**, que representa una sección binaria recogida del sistema cuaternario **Fe-W-Cr-C** para un nivel de 18% **W** y 4% **Cr**. Del examen del diagrama se advierte que, en el proceso de solidificación del acero se formarán cristales de austenita; y, que al llegar, durante el periodo de solidificación, a la temperatura eutéctica precipitarán constituyentes ledeburíticos, mezcla de austenita y carburos primarios. Siguiendo el proceso de solidificación, a más baja temperatura, se precipitarán carburos secundarios.

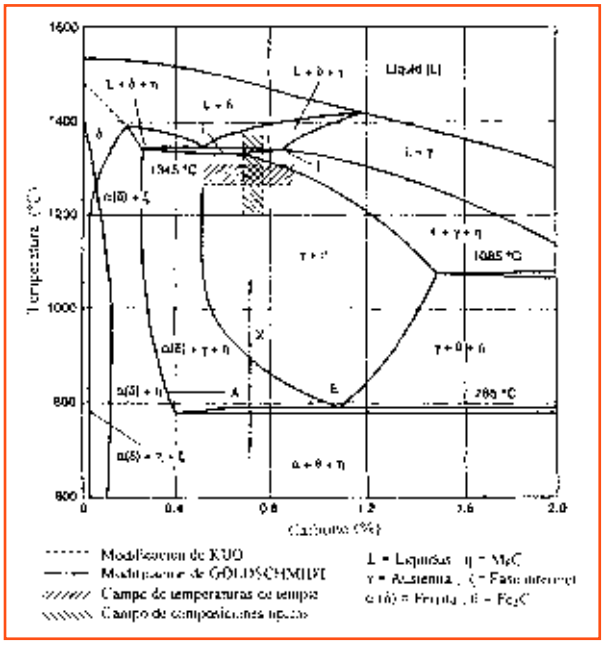


***Figura N° 6**. Diagrama de fases o de equilibrio de un acero rápido de composición base 18% **W** y 4% Cr. Sección que muestra el sistema cuaternario **F-W-Cr-C**.*

La estructura de colada del material da origen a una condición de elevada fragilidad; por la presencia en ella de carburos primarios; estructura ésta que, normalmente, sólo puede ser modificada mediante un trabajado enérgico de forja en caliente.

Prescindiendo de la composición química del material, los factores que justifican la calidad de un acero rápido son:

1. Distribución, forma y dimensión de los carburos.

2. Tamaño del grano austenítico.

Los componentes del punto uno, dependen de la acción de la fractura de los carburos por forja, y/o por laminación. La laminación conduce a una disposición columnar de los carburos, especialmente, en el centro de las barras; condicionante que es, ciertamente, muy perjudicial; **figura 7**.

El tamaño del grano austenítico, fundamentalmente, depende del tratamiento térmico final.

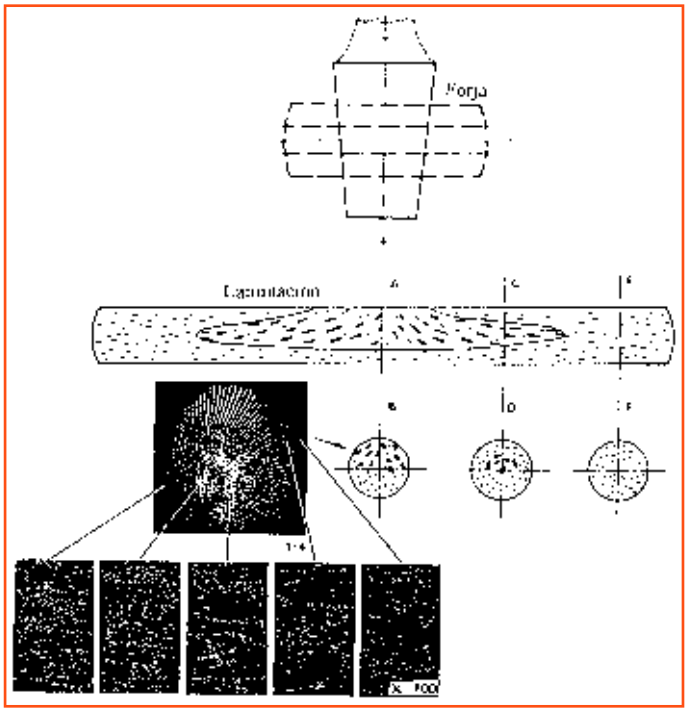


***Figura N° 7**. Disposición de la segregación de carburos en distintas secciones transversales de una barra laminada. Microestructuras de varias zonas de la sección de máxima concentración de carburos. Barra procedente de un lingote de acero rápido **6-5-2** estándar, forjado en sentido vertical: recalcado.*

Conviene siempre que el temple se realice de forma que se obtenga un tamaño grano medio-fino, es decir, tamaño de grano [10 ÷ 15] según la escala Snyder Graff.

En el diagrama de fases se han señalado las temperaturas normales de temple, muy cercanas a la presencia de fases líquidas; donde observamos, de una forma evidente, la importancia que tiene la composición del acero en la adopción de la temperatura de temple adecuada, para evitar sobrecalentamientos peligrosos durante su tratamiento de temple

En el diagrama **TTT**, correspondiente a la **figura 4**, destaca la presencia de zonas de estabilidad de los carburos, antes de la transformación de la austenita, y el retraso considerable que ofrecen las "narices" de las transformaciones perlíticas y bainíticas respectivamente. Existe, también, una gran zona de estabilidad austenítica comprendida entre 400 y 600 °C. Finalmente, a una temperatura relativamente muy baja, aparece el comienzo de la transformación martensítica (**M_S**).

En el diagrama **TEC**, **figura 5**, la curva de fin de transformación **gamma → alfa** [$\gamma \rightarrow \alpha$] está condicionada por la temperatura final de enfriamiento **M_f**; ya que la austenita aún no transformada en martensita –*austenita retenida*– puede todavía existir, y en gran proporción, por debajo de dicha temperatura (**M_f**). La cantidad o porcentaje de constituyentes obtenidos está reflejado al final de la transformación de la austenita, al lado de cada curva de enfriamiento.

Por último, con el fin de facilitar el desarrollo práctico de tratamieno, consideramos asimismo el diagrama de secuencia tiempo-temperatura: diagramas **TT**; **figura 8**. Diagrama que describe, por

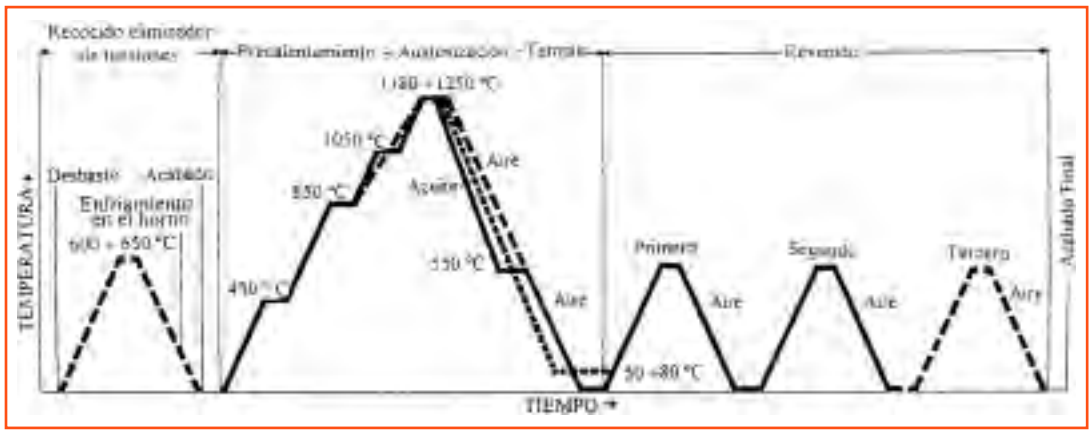


***Figura N° 8**. Diagrama de secuencia tiempo-temperatura (**T-T**) donde se caracterizan todas las fases del tratamiento térmico a realizar en los aceros rápidos.*

completo y de forma separada, todas las fases de un ciclo completo de tratamiento térmico; (1) recocido eliminador de tensiones; (2) precalentamiento, austenización, temple; y (3) revenidos.

Advertimos, que para la consecución de un correcto tratamiento térmico en cualquier tipo de herramienta fabricada en acero rápido, ... no existe la menor posibilidad de modificar los tiempos y secuencias de tratamiento; ni, tampoco, efectuar cambios de temperatura, de los ya establecidos en los diagramas (**TTT**, **TEC**, **TT**) del acero correspondiente... ¡¡*Hay que respetar, rigurosamente, los niveles de temperatura y tiempo que, para cada calidad de acero, figuran en los referidos diagramas* **!!...**

Un ciclo completo de temple de las herramientas fabricadas de acero rápido comporta: (1) un calentamiento lento y progresivo hasta la temperatura de austenización del acero en tratamiento; (2) un tiempo a la temperatura de austenización, que permita la disolución y distribución homogénea de los carburos en la austenita; y (3) un enfriamiento, más o menos enérgico, de esa masa matricial austenítica, hasta la temperatura ambiente.

12.4.1. *Calentamiento*

En el calentamiento de temple, se incluye una serie de precalentamientos para disminuir el peligro de distorsiones, y la tendencias a agrietamiento de las herramientas a templar. Eliminamos, así, las eventuales tensiones que puedan quedar de los efectos del mecanizado; y se atenúa y/o minimiza, también, el importante choque térmico que se presenta a tan altas temperaturas de calentamiento.

Por regla general, las temperaturas de precalentamiento son: (1) para aceros al volframio (**W**) y para aceros volframio-molibdeno (**W-Mo**) = temperaturas entre 820 y 900 °C; (2) para aceros al molibdeno (**Mo**) = temperaturas entre 720 y 800 °C; y (3) último precalentamiento a una temperatura próxima a los 1.000 ± 50 °C. Antes, al principio del calentamiento, se recomienda hacer, también, un precalentamiento lento a una temperatura entre 450 y 500 °C.

Ya se ha dicho que con el calentamiento del temple se ha de obtener, en el acero, una matriz austenítica lo más aleada posible para que, al transformarse mediante un enfriamiento más o menos rápido, dé lugar a una martensita de las características deseadas en cuanto a resistencia y a dureza en caliente. Para que esto sea posible, es preciso la solución de cierta cantidad de carburos en la masa matricial del acero correspondiente.

Si se aumenta demasiado la temperatura de temple puede pasar que sea muy escaso el número de los carburos no disueltos en la austenita, producidos en el calentamiento de austenización. Esto ocasiona que no haya, a veces, la cantidad suficiente de carburos para bloquear el crecimiento de los granos de la austenita. Causa por la cual en las herramientas, así templadas, haya un mayor porcentaje de austenita retenida; **figura 9** y sean, también, relativamente más frágiles como consecuencia de la posible baja tenacidad que provoca el origen de un grano grueso. Con un incremento, aún mayor, de la temperatura de temple se puede iniciar un eventual principio de fusión de los carburos primarios que, normalmente, fluyen entre los límites de grano; aspecto éste, también, muy negativo; **figura 10**.

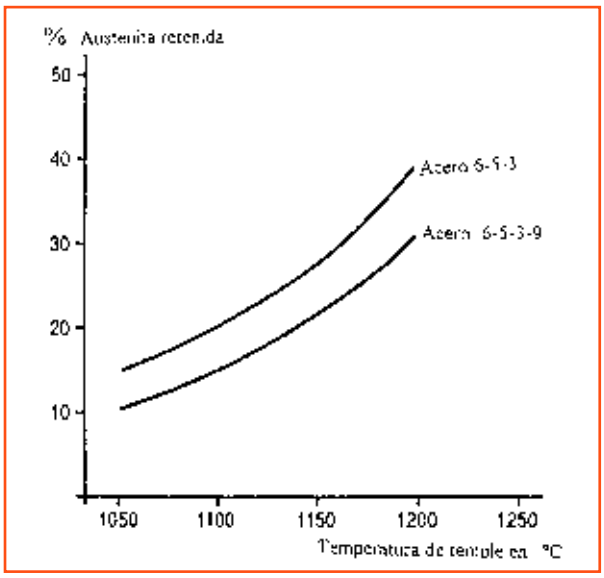


Figura Nº 9**. Influencia de la temperatura de temple –austenización– sobre la austenita retenida. Aceros rápidos;* ***6-5-3 *[**C** = 1,27%]; y* ***6-5-3-9*** *[**C** = 1,27%].*

12.4.2. *Permanencia a la temperatura de austenización*

El tiempo a la temperatura de temple actúa de forma parecida al de calentamiento. Un tiempo excesivo de austenización, provoca una mayor disolución de los carburos y, también, un aumento del tamaño de grano austenítico; **figura 11**. En dicha figura se puede apreciar, por fractura del material, el aumento del tamaño de grano austenítico según se incre-

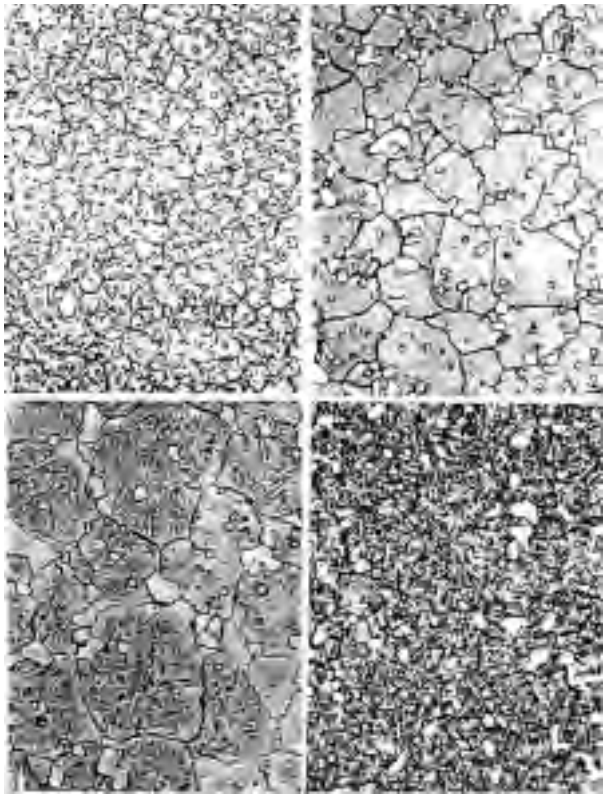


***Figura N° 10**. Diferentes estados estructurales según la temperatura de temple utilizada. Acero rápido **6-5-2**. Micrografías x 500.*

1. *Temperatura de temple insuficiente. Carburos ledeburíticos y secundarios en una matriz de martensita y austenita; tamaño de grano muy pequeño y los carburos secundarios no están disueltos en su mayoría.*
2. *Temperatura de temple correcta. Carburos ledeburíticos dentro de una masa matricial poliédrica de martensita y austenita. Tamaño de grano correcto y carburos secundarios completamente disueltos.*
3. *Temperatura de temple excesiva: **sobrecalentamiento**. Matriz poliédrica de martensita y austenita. Los carburos ledeburíticos comienzan a precipitarse en los límites de grano y tamaño de grano excesivamente grueso.*
4. *Temperaturas de temple y revenido correctas. Estructura correcta formada por carburos ledeburíticos, relativamente, finos sobre una masa matricial martensítica.*

menta, también, la temperatura de temple y los tiempos de austenización.

Se advierte, entonces, que la temperatura de temple y el tiempo de permanencia a esa temperatura dependen, principalmente, de la composición química del acero. Es fundamental, igualmente, tener en cuenta el diseño o geometría de la herramienta, y el tipo de horno donde se ha de tratar; **figura 12**.

Los aceros rápidos con mayor contenido de carbono (> **C**) y, también, con más alto contenido de va-

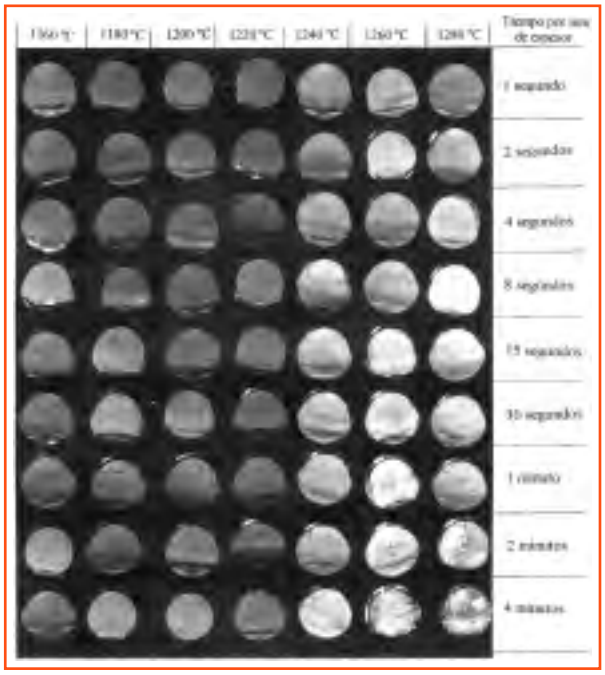


***Figura N° 11**. Aumento del tamaño de grano austenítico según el tiempo de austenización y permanencia a distintas temperaturas de temple; ensayo de fractura. Acero rápido **6-5-2**.*

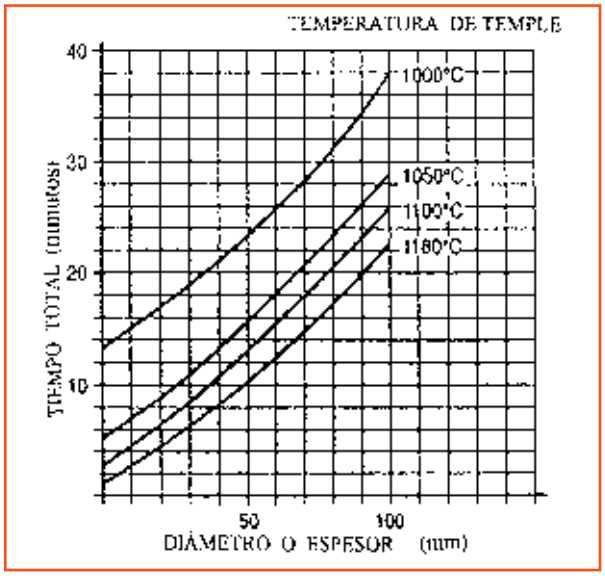


***Figura N° 12**. Tiempo total a la temperatura de austenización en baños de sales de temple; efectuados ya los precalentamientos correspondientes. Los precalentamientos y los tiempos de permanencia a la temperatura de austenización, en los hornos al vacío, ya vienen marcados en sus correspondientes ciclos de temple, temperatura-tiempo, según el tipo de acero y de las dimensiones de las piezas a templar.*

nadio (> **V**) se suelen mantener a la temperatura de temple un período de tiempo, sensiblemente, mayor que el normal del resto de aceros rápidos (+

10%), ya que los carburos de vanadio son más difíciles de disolver. Por otra parte, los aceros al molibdeno (**Mo**) y los aceros sobre carburados, son más sensibles al sobrecalentamiento y a la descarburación que los pertenecientes al grupo de aceros aleados con volframio (**W**).

En el caso de herramientas que hayan de trabajar a altas temperaturas, necesariamente se precisa que tengan una gran resistencia al desgaste, una alta dureza en caliente y una elevada resistencia al revenido. Para ello dichas herramientas han de templarse a más alta temperatura, aunque el tamaño de grano sea un poco más grosero que el de aquellas otras herramientas que necesiten de una mayor tenacidad, como característica principal, en su trabajo mecánico; **p.ej**.: útiles y herramientas que trabajan a compresión: troqueles, punzones de conformado, matrices para corte fino de chapa en frío, etc.

12.4.3. *Enfriamiento*

En el diagrama **TEC** de enfriamiento en continuo –**ver figura 5**– podemos observar las exigencias de un enfriamiento controlado. En general, en los aceros rápidos la temperatura de transformación martensítica (**Ms**) se encuentra entre 160 y 205 °C; niveles éstos de temperatura que corresponden, al mismo tiempo, a las temperaturas de austenización más bajas. Para temperaturas de austenización mayores el punto de transformación **Ms** baja sensiblemente; y, lo encontramos entonces en una banda de temperaturas comprendida entre 130 y 150 °C.

Los aceros rápidos por su baja velocidad crítica de enfriamiento pueden enfriarse, después de su calentamiento de austenización, en aire, en aceite y en baños calientes de sales o de plomo; en los hornos de vacío el enfriamiento se realiza en gas o mezcla de gases a presión. En la **tabla I** se dan los valores de las distintas intensidades de temple –*coeficientes de transmisión térmica* α– de los principales medios de enfriamiento que, normalmente, se utilizan en el temple de los aceros para herramientas.

MEDIOS DE ENFRIAMIENTO	Coeficiente de transmisión térmica (α) en W/m²K
Gas (N_2) recirculante	100 – 150
Gas (N_2) a sobrepresión [3 bar] y alta velocidad	300 ÷ 400
Baño de sales [550 °C]	350 ÷ 550
Lechos fluidizados [según temperatura]	400 : 500
Baño de sales [250 : 300 °C]	600 : 800
Gas (N_2) alta presión [6 ÷ 20 bar]	500 ÷ 1000
Aceite no agitado [20 ÷ 80 °C]	1000 ÷ 1500
Aceite agitado [20 ÷ 80 °C]	1800 ÷ 2200
Agua agitada [15 : 25 °C]	3000 : 3500

***Tabla I**. Coeficiente de transmisión térmica de los principales medios de enfriamientos que normalmente se utilizan en el temple de los aceros de herramientas en general.*

En el temple de los aceros rápidos hay que respetar cierta velocidad de enfriamiento, que corresponde a un parámetro característico de enfriamiento (λ), en el rango de temperaturas entre 1.000 y 800 °C –*parámetro distintivo de los aceros rápidos: tiempo o velocidad de enfriamiento entre las temperaturas* 1.000 y 800 °C; *cuya expresión es*: λ = [(Δ**t**1.000/800) > 7C°/s] –.

Parámetro que es básico y fundamental en el temple de los aceros rápidos; ya que al no alcanzarse la intensidad de enfriamiento, en ese intervalo de temperatura, esto posibilita la presencia de durezas bajas, –**figura 13**– y la precitación de carburos proeutectoides en los limites de grano, como se

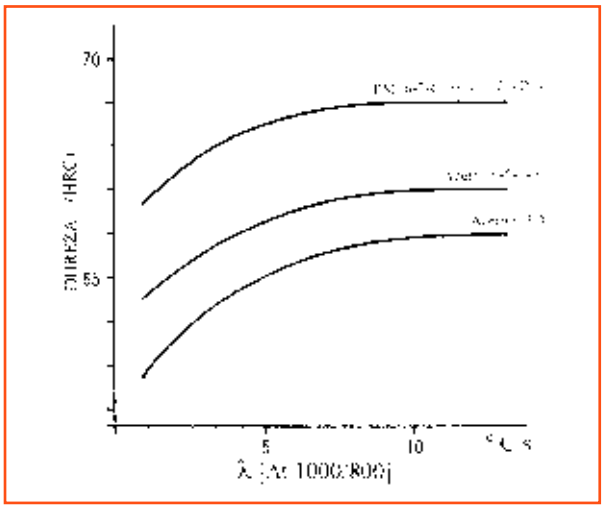


***Figura Nº 13**. Influencia del parámetro de enfriamiento (λ), sobre la precipitación de carburos proeutectoides en ese rango de temperaturas [1.000/800 °C] y de la dureza final. Temperatura de temple 1180 °C + revenido a 560 °C: 3 x 1hora a 560 °C. Para evitar la precipitación de carburos y al mismo tiempo el descenso de la dureza, el parámetro de enfriamiento (λ) tiene que ser mayor de 7 °C/segundo [λ > 7 °C/s)]. Aceros: **PM** 6-7-6-10 (C 0 2,30%); 6-5-3-9 y 6-5-3.*

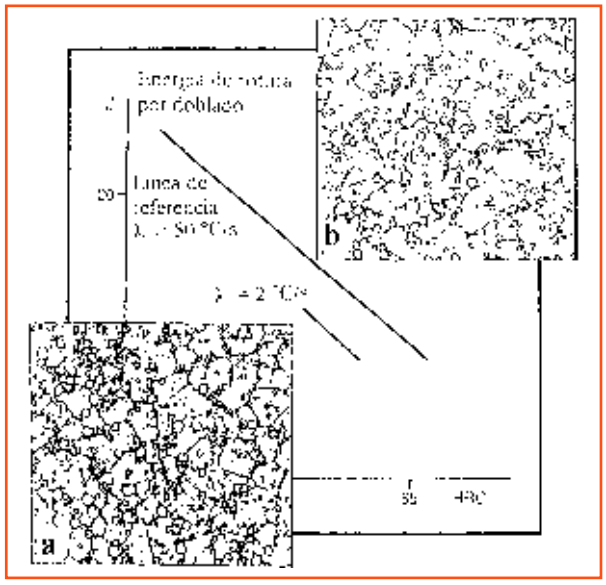


***Figura N° 14**. Efecto de la precipitación de carburos proeutectoides sobre la tenacidad: (**a**) microestructura de temple, línea de referencia [λ = 2 °C/s], precipitación de carburos proeutectoides en los límites de grano; (**b**) microestructura de temple, línea referencia [λ > 50 °C/s], carburos bien repartidos dentro de la masa matricial poliédrica de martensita y austenita: una estructura de temple correcta alcanza mayor tenacidad. Temple a 1.180 °C + revenido a 560 °C: 3 x 1 hora a 560 °C.*

puede observar en la **figura 14**. Tal circunstancia ocasiona una disminución de carbono y de otros aleoelementos en la masa matricial martensítica; y, por consiguiente, se reduce muy mucho el eventual potencial de martensita secundaria, producto del revenido.

El grado de precipitación de carburos es función del tiempo que, más o menos, tarda en producirse la bajada de temperatura en ese rango de temperaturas [1.000/800 °C]. Parámetros de enfriamientos bajos [λ = (2 ÷ 6 °C/s)] ocasionarían, entonces, precipitación de carburos en los límites de grano –*en mayor o menor grado según sea la intensidad de enfriamiento*–; y, en consecuencia, un descenso muy significativo de los niveles óptimos de dureza y de tenacidad en acero/herramienta, después de su temple + revenido; ver **figura 14**.

El enfriamiento en aire –*aire bien seco*– tiene el inconveniente de que sólo es aplicable a herramientas con espesores o secciones transversales máximos de 25 mm; ya que en mayores dimensiones no se alcanzaría la intensidad necesaria de enfriamiento [λ > 7 C°/s], es decir, que no esté dentro del ya mencionado rango de temperaturas; y, por tanto, existe la posibilidad de precipitación de carburos proeutectoides que empobrecen la masa matricial martensítica. Dificultad que modifica y afecta, también, la estabilidad de revenido, así como la dureza en caliente. Es mejor que la precipitación de los carburos proeutectoides tenga lugar durante el revenido previo, con el consiguiente aumento de la dureza secundaria.

Otro inconveniente del enfriamiento en aire, es la fuerte oxidación que se puede producir, y de hecho se produce, en las herramientas durante dicho enfiamiento. Realmente en el enfriamiento con aire, aunque sea a presión, está demostrado que se reduce la capacidad de corte de la herramienta correspondiente.

Resumiendo: en la práctica industrial, en el enfriamiento de temple de los aceros rápidos se tiende a realizar en aceite y/o en baños de sales. En los últimos años se ha incrementado muy mucho, en los importantes y bien equipados talleres de tratamiento térmico, el temple de las herramientas en hornos de vacío, donde el enfriamiento de temple se realiza con gas inerte a una cierta presión.

El temple en aceite ofrece buenos rendimientos, mejores que con aire o en gas a presión, pero existe el peligro de mayor deformación y, al mismo tiempo, que se produzcan una elevada cantidad de austenita retenida e importantes tensiones residuales, en las herramientas templadas. Se obtienen los mejores resultados, cuando el baño de aceite está a una temperatura comprendida entre 60 y 80 °C.

Para evitar deformaciones, y a veces posibles roturas, las herramientas se suelen sacar del baño de aceite en el momento que hayan alcanzado, durante su enfriamiento de temple, una temperatura próxima a los 300 °C; continuando su enfriamiento posterior en aire tranquilo. Esto permite el enderezado de las herramientas a 300 °C, ya que a esta temperatura su estructura es completamente austenítica y, por tanto relativamente plástica.

El método de enfriamiento que ha gozado de bastante popularidad, por su eficacia, seguridad y fácil ejecución, es sin duda el enfriamiento o apagado en baño de sales y/o, también, el enfriamiento en baños de plomo; ya que con dicho procedimiento se eliminan al máximo los riesgos de distorsiones y oxidaciones de las herramientas durante el temple; y, obteniéndose al mismo tiempo iguales o mejores rendimientos y resultados que si se enfría

en aceite. Resultados que son más fáciles de conseguir, siempre que se regule la temperatura del baño de acuerdo con la composición del acero de la herramienta a templar y de su intensidad de enfriamiento. Intensidad de enfriamiento que es muy importante en el rango de temperaturas 1.000/800 [λ > 7C°/s];ver **figura 19**.

Las herramientas, ya calentadas y austenizadas, se enfrían en un baño de sales que, normalmente, están a una temperatura comprendida entre 500 y 550 °C. En el baño de enfriamiento sólo permanecerán el tiempo mínimo y necesario para que se iguale la temperatura de la herramienta con la de dicho baño; tiempo que, en la práctica, es de un minuto por centímetro de espesor (**1** minuto x **1** cm). Luego se sacan las piezas del baño, y sigue su enfriamiento en aire tranquilo; para que, lentamente, se produzca la transformación de la austenita en martensita; y consiguiéndose entonces, una transformación uniforme de toda la masa templada.

Desde que se sacan las herramientas del baño de apagado, es decir, desde los 500 C° hasta los 300 °C, el acero tiene una cierta plasticidad; ya que el material todavía está en estado austenítico y la herramienta, entonces, se puede enderezar sin riesgo de rotura. El baño de enfriamiento o de apagado ha de estar, siempre, a una temperatura inferior a 600 °C, para evitar riesgos de fragilización en las herramientas templadas; por la posible precipitación de carburos en los límites de grano del acero templado a esa temperatura.

Una práctica habitual de enfriamiento en baño de sales, es el temple escalonado. La mecánica del proceso consiste en utilizar: (1) un primer baño de sales neutras, donde se enfrían las herramientas –*ya austenizadas*– hasta una temperatura aproximada de 800 °C, y mantener un tiempo para que se igualen las temperaturas herramienta-baño –*el tiempo tiene que ser el más corto posible, para evitar una eventual precipitación de carburos*–; (2) paso de las herramientas ya enfriada hasta 800 °C a un segundo baño a temperatura entre 500 y 550 °C, donde permanecerán el tiempo necesario, también, para que se igualen las temperaturas herramienta-baño; se sacan a continuación y se dejan enfriar en aire tranquilo. Con este tratamiento se reducen en gran medida las tensiones de temple y se minimizan las distorsiones: Tratamiento éste que es muy interesante efectuarlo en herramientas de difícil geometría, y/o de formas muy complejas.

¡Observaciones es importantes a tener en cuenta!...

Hay que recordar que cuando las herramientas se calientan a tan altas temperaturas de temple, poseen una muy baja resistencia, por lo que se pueden deformar, incluso con su propio peso, si no están soportadas correctamente en los hornos de temple.

Advertimos, por su importancia, que cuando se realice el temple de las herramientas, hay que tener la certeza de que no hayan sido antes ya templadas y revenidas; dado que para volverlas a templarlas es esencial y muy necesario realizarles un recocido previo, con un calentamiento lento y a una temperatura comprendida entre 790 y 830 °C. Dos temples sucesivos, sin un previo recocido intermedio origina, normalmente, un engrosamiento discontinuo del tamaño de grano.

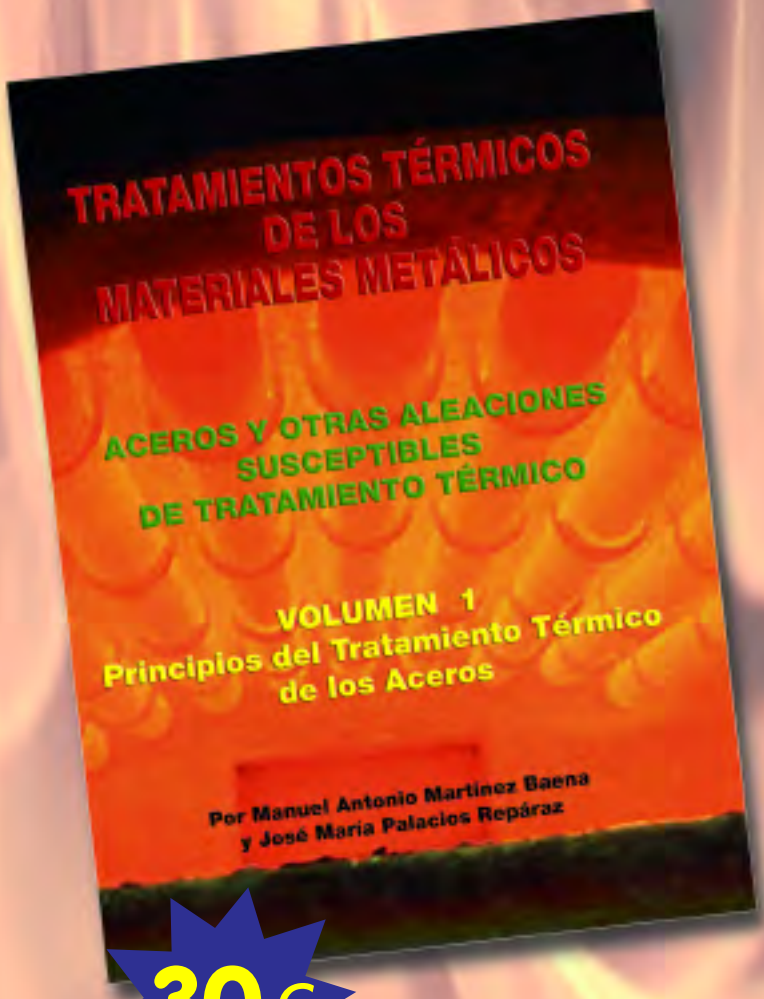
Para que esto no ocurra, antes de volver de nuevo a templar las herramientas, hay que recocer a una temperatura que sea capaz de formar nuevos límites de grano en la masa matricial austenítica de la herramienta afectada. Sin un recocido previo; y si, al mismo tiempo, la nueva temperatura de temple es menor (50 °C <) que la primitiva de austenización, –*temperatura del temple primero*– tendrá lugar, reiteramos, un crecimiento anormal del tamaño de grano, que enfragiliza muy mucho la herramienta doblemente templada.

En la fractura de la herramienta templada por segunda vez, –*sin recocido previo*– junto al tamaño de grano grosero, se observan como una especie de ¨escamas de pez¨ –**FIHS-SCALE***– muy frágiles. El crecimiento anormal de grano tiene lugar en el calentamiento del nuevo temple, cuando se utilizan temperaturas de 50 °C, aproximadamente, por debajo de la temperatura correcta del primer temple. El mismo accidente ocurre si se forjan herramientas ya tratadas, sin precauciones intermedias de recocido y de un calentamiento controlado.

También favorece la formación de este fenómeno, –**FIHS-SCALE–** en un segundo o tercer temple, la presencia de estructuras aciculares bainíticas ocasionadas en un primer temple, las cuales aparecen cuando la velocidad de enfriamiento, en dicho temple, ha sido relativamente baja.

(Continuará)

* Denominación en los países anglosajones.



30 € 206 páginas

316 páginas **40 €**

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

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

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

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

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

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

Estudio de los tratamientos térmicos de la aleación Ti-6Al-4V obtenida por pulvimetalurgia

Por L. Bolzoni[1], Á. Vaz-Romero[1], E. M. Ruiz-Navas[1], E. Gordo[1]

[1] Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química, IAAB, Universidad Carlos III de Madrid; Leganés (Madrid)

RESUMEN

El titanio presenta una combinación de propiedades única, como la elevada resistencia específica, excelente resistencia a la corrosión y biocompatibilidad. Sin embargo, su utilización está todavía limitada a sectores de alto valor añadido, como el aeronáutico, debido a sus altos costes de extracción y procesado. Las ventajas intrínsecas del empleo de técnicas pulvimetalúrgicas (PM) para su obtención podrían resultar en una disminución de los costes de fabricación y en la aplicación del titanio y de sus aleaciones a sectores más comerciales o bienes de consumo. La aleación Ti–6Al–4V obtenida por técnicas convencionales está perfectamente caracterizada, al igual que sus tratamientos térmicos, pero no existen estudios sobre piezas fabricadas por PM. En este trabajo se estudia la respuesta a los tratamientos térmicos de la aleación Ti–6Al–4V fabricada por PM, utilizando dos enfoques diferentes: a partir de polvo prealeado y mediante el empleo de una aleación maestra. Las propiedades analizadas, tanto físicas como mecánicas así como su caracterización microestructural, indican que hay una notable influencia del procesado en la respuesta frente a los tratamientos de temple, revenido y recocido.

1. INTRODUCCIÓN

El titanio se emplea en sectores de altas prestaciones, como el aeronáutico, gracias a su combinación de propiedades, es decir, resistencia a fractura comparable a la de los mejores aceros, baja densidad, bajo modulo de elasticidad, buena resistencia frente a diferentes tipos de corrosión, biocompatibilidad y resistencia en caliente[1, 2].

Siendo un metal de transición y debido a su particular ubicación en la tabla periódica, el titanio es capaz de formar soluciones sólidas con la mayoría de los elementos substitucionales que tienen un factor de tamaño de ± 20% además de reaccionar con diferentes elementos intersticiales[3]. Esta peculiaridad, junto con su alotropía, ya que presenta una estructura cristalina hexagonal compacta (α) estable a bajas temperaturas y cúbica centrada en el cuerpo (β) a partir de 882 °C hasta el punto de fusión, permite obtener un amplio espectro de composiciones, microestructuras y, consecuentemente, propiedades mecánicas.

Los elementos de aleación suelen ser clasificados en función del efecto estabilizador sobre una u otra fase, por lo tanto, se encuentran elementos alfágenos (Al, O, N y C), elementos neutros (Zr y Sn) y elementos betágenos. Estos últimos se subdividen en isomorfos (V, Mo, Nb y Ta) o eutectoides (Fe, Mn Cr, Cu y H) en función del diagrama de fases que generan y, por lo tanto, la formación de nuevas fases, especialmente intermetálicos[4].

Una de las primeras aleaciones de titanio desarrolladas y, seguramente, la más ampliamente empleada a lo largo de los años, es la aleación Ti–6Al–4V que, siendo una aleación $\alpha + \beta$ se caracteriza por su excelente resistencia a fractura, resiliencia y resistencia a corrosión. Esta aleación fue desarrollada con el propósito específico de ser utilizada para

la construcción de estructuras tanto móviles como estáticas de aviones y, consecuentemente, está muy bien caracterizada cuando es producida mediante metalurgia convencional.

La microestructura y, por lo tanto, las propiedades finales de la aleación Ti–6Al–4V dependen del porcentaje relativo, de la morfología y de las características de las dos fases constituyentes. Estas propiedades varían en función del enfriamiento, que se puede llevar a cabo tanto desde la zona de coexistencia de las dos fases como a partir de la zona de estabilidad de la fase β, y de la deformación final aplicada, como en el caso de los tratamientos termo–mecánicos[5].

Con el fin de expandir el mercado del titanio a sectores donde el elevado coste de extracción y fabricación que caracteriza este material es un factor crítico, como el automovilístico, en los años 1970[6] se empezó a considerar el empleo de las técnicas pulvimetalúrgicas (PM) para su procesado, aprovechando las ventajas intrínsecas de estos métodos. Sin embargo, los resultados de las extensas investigaciones llevadas a cabo se veían afectados por la presencia de cloruros que quedaban tras la obtención del titanio mediante el método Kroll, cloruros que suelen disminuir la resistencia a la fatiga y provocar problemas durante la soldadura. En los últimos años se están desarrollado nuevas técnicas de obtención de polvos de titanio[7] permitiendo eliminar los problemas relacionados con la presencia de los cloruros y reducir el contenido de los elementos intersticiales. Esto abre la posibilidad de obtener aleaciones de titanio PM más fiables, lo que se ha reflejado en un interés creciente por el estudio y desarrollo de aleaciones de titanio pulvimetalúrgicas. Sin embargo, no se encuentran estudios sobre los tratamientos térmicos de aleaciones de Ti PM, si bien es conocido que el procesado PM puede afectar a la respuesta de los materiales frente a dichos tratamientos.

En este trabajo se estudia el efecto de diferentes tratamientos térmicos en la microestructura y en las propiedades de la aleación de titanio Ti–6Al–4V obtenida mediante el proceso pulvimetalúrgico convencional de prensado uniaxial y sinterización en vacío. Además, los materiales se han preparado a partir de polvo obtenido por dos vías diferentes, que suponen los dos enfoques básicos de la pulvimetalurgia del titanio, es decir a partir de polvo prealeado y añadiendo aleaciones maestras[8].

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la investigación llevada a cabo se han fabricado muestras de Ti–6Al–4V, tanto a partir de un polvo prealeado hidrurado–dehidrurado (HDH), como mediante la mezcla convencional de un polvo de titanio elemental (HDH) con una aleación maestra de Al:V. La principal diferencia entre los dos polvos considerados es que, en el caso del polvo prealeado los elementos de aleación están ya disueltos en la matriz de titanio, lo que conlleva que el polvo, endurecido por la presencia de estos elementos, resulte más difícil de prensar pero no haya problemas en cuanto a distribución de los elementos. Por otro lado, la mezcla de polvos elementales se prensa mejor pero suele necesitar mayor temperatura y/o tiempo de sinterización para alcanzar la difusión y la homogenización de los elementos de aleación. Las propiedades más relevantes de los polvos de partida se muestran en la Tabla 1.

Propiedad		Ti64–PA[1]	Ti64–MA[2]
Análisis tamaño partículas	Dmax [µm]	<75	<106
	D10 [µm]	12,67	17,85
	D50 [µm]	31,78	42,94
	D90 [µm]	69,44	95,17
Análisis químico	O [wt %]	0,418	0,428
	N [wt %]	0,0072	0,0121
	C [wt %]	0,0124	0,1050

[1]Polvo prealeado. [2]polvo obtenido añadiendo aleación maestra.

Tabla 1. Resultados del análisis del tamaño de partículas y del análisis químico de los polvos de partida.

La distribución del tamaño de partículas se ha determinado mediante un analizador láser Matersizer 2000, mientras que el contenido de O[9] y N[10] mediante técnicas de fusión en gas inerte (LECO TC500) y el C[11] mediante técnicas de combustión (LECO CS 200).

Una vez caracterizados, los polvos se han empleado para prensar muestras de flexión en tres puntos mediante una prensa uniaxial y una matriz flotante, usando estearato de zinc como lubricante para las paredes del molde. Las muestras han sido sinterizadas en un horno tubular de alto vacío (10-5 mbar) a una temperatura de 1.250 °C durante 2 horas y empleando una velocidad de calentamiento y enfriamiento de 5 °C/min. Tras la sinterización, las muestras tienen una densidad relativa media de 92,5%±0,4% cuando se emplea el polvo prealeado (Ti64–PA), y 95,1%±0,1% cuando se utiliza el polvo de aleación maestra (Ti64–MA)[12]. La menor den-

sidad relativa alcanzada en probetas de polvo prealeado se debe principalmente a la menor presión empleada durante su conformado. Debido al lento enfriamiento desde la temperatura de sinterización, e independientemente del método de fabricación del polvo, la microestructura de las muestras se puede asimilar a la de la aleación Ti–6Al–4V en estado de recocido, que es la forma comercializada convencionalmente.

Los componentes sinterizados han sido sometidos a diferentes tratamientos térmicos de temple + maduración o temple + recocido. Más en detalle, se consideraron dos temperaturas de solubilización para estudiar el efecto de la fase de partida: se eligió 1.050 °C que se encuentra en la zona de estabilidad de la fase β, ya que la β transus de la aleación Ti–6Al–4V es 996 °C[13], y 850 °C donde coexisten la fase α y la fase β. El calentamiento a 5 °C/min y la meseta de 1 hora se llevaron a cabo bajo atmósfera protectora de argón para evitar la oxidación de las muestras, y el temple se realizó en agua. La Figura 1 muestra un esquema de los tratamientos térmicos estudiados. Los tratamientos de maduración se llevaron a cabo en una mufla considerando las temperaturas de 480 °C y 540 °C durante 4 horas seguido por un enfriamiento en aire, mientras que para el recocido se evaluaron las mismas temperaturas empleadas para la solubilización, es decir 850 °C y 1.050 °C, durante 2 horas con enfriamiento en horno y en argón. Las temperaturas y los tiempos elegidos son los típicamente empleados para la aleación Ti–6Al–4V obtenida mediante metalurgia convencional[1].

Tras los tratamientos térmicos, las muestras fueron caracterizadas mediante la medida de las propiedades mecánicas (dureza Vickers y resitencia a flexión en tres puntos) así como la evaluación de la microestructura mediante microscopía óptica. Para la caracterización microestructural las muestras fueron previamente embutidas, desbastadas con lijas de SiC, pulidas con gel de silica y atacadas mediante ataque Kroll.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se presenta un esquema para los tratamientos térmicos de la aleación Ti–6Al–4V, donde se puede apreciar que a la temperatura de solubilización de 1.050 °C se encuentra en la región monofásica la fase β y un enfriamiento rápido conlleva el cruzar la línea de inicio de la transformación adifusional (Ms), permitiendo la formación de la martensita (α'). Por el contrario, eligiendo una temperatura de 850 °C la aleación se encuentra en la región bifásica α+β, donde queda una parte de α primaria, y por debajo de la Ms, por lo tanto teóricamente, no se puede llegar a formar martensita mediante enfriamiento rápido sino a obtener fase β metaestable.

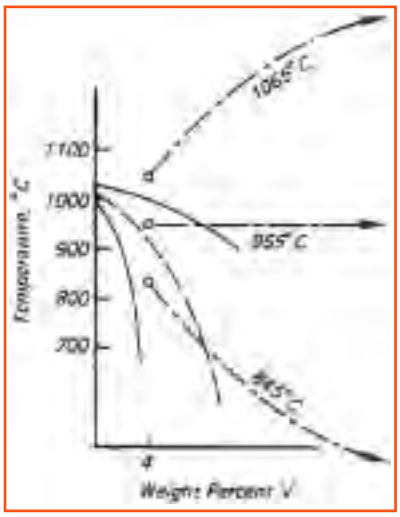


Figura 2. Esquema para los tratamientos térmicos de la aleación de titanio Ti–6Al–4V[1].

Los resultados obtenidos se presentan como comparación entre los dos tipos de polvo utilizados, para cada temperatura de solubilización estudiada. La Figura 3 muestra los resultados de resistencia a flexión de los materiales sometidos a distin-

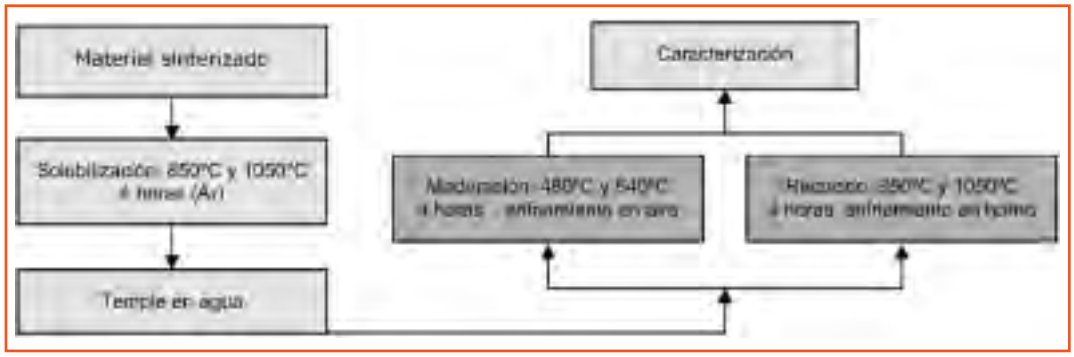


Figura 1. Esquema de los tratamientos térmicos considerados para la aleación Ti–6Al–4V.

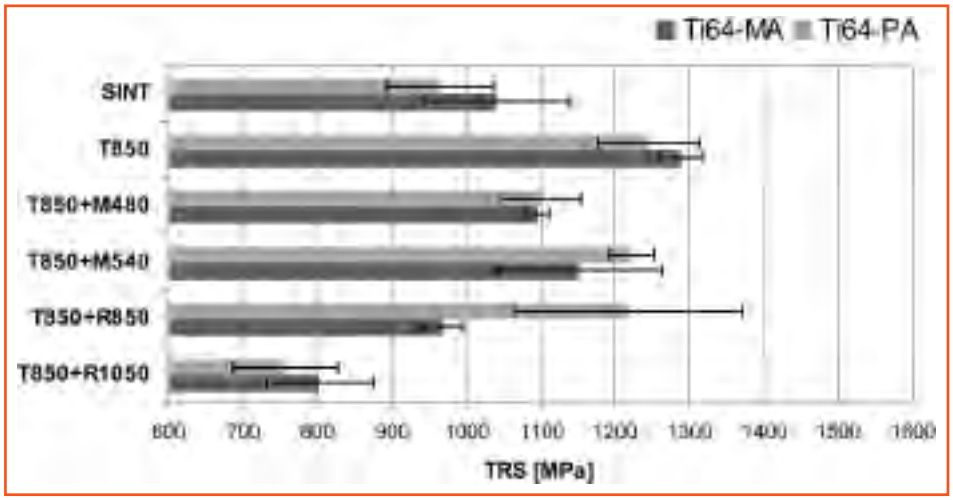


Figura 3. Comparación de la TRS para las dos aleaciones de Ti–6Al–4V solubilizadas a 850 °C y sometidas a temple (T), temple y maduración (M) y temple y posterior recocido (R).

tos tratamientos térmicos desde la temperatura de solubilización de 850 °C, y se compara con la respuesta del material en estado sinterizado.

Como se puede apreciar en la Figura 3, las muestras sinterizadas obtenidas a partir de polvo prealeado (Ti64–PA) tienen menor resistencia que las obtenidas a partir de polvo de aleación maestra (Ti64–MA), lo que puede deberse al mayor porcentaje de porosidad residual. La solubilización a 850 °C durante una hora seguida de temple en agua provoca e induce un aumento de la TRS de aproximadamente unos 250 MPa en ambos casos, probablemente debido a la presencia de la fase β metaestable que se retiene templando la aleación Ti–6Al–4V en el campo α+β, hasta una temperatura inferior a la MS[1] ya que la microestructura está constituida por α primaria y β retenida como se puede apreciar en la Figura 4. Ya que la temperatura de solubilización elegida se encuentra en la parte medio–baja del intervalo de coexistencia de α y β, se produce una cantidad, en volumen, de β metaestable relativamente pequeña pero mucho más rica en vanadio en comparación a la alcanzada a una temperatura de solubilización más alta[1].

El análisis microestructural de las muestras templadas (Figura 4) no destaca diferencias significativas, sino que parece que la aleación Ti64–MA llega a formar una cantidad de β metaestable intergranular ligeramente superior. Por otro lado, se aprecia claramente el mayor porcentaje volumétrico de porosidad residual de la aleación Ti64–PA aunque el tamaño parece ser inferior.

El tratamiento de maduración posterior al temple induce la precipitación de la fase β a partir de la fase β metaestable, donde a una temperatura más alta y un tiempo más largo corresponde un mayor porcentaje de β transformada y un mayor espesor de las láminas de α. Según los datos de TRS (Figura 3), la maduración induce una disminución de la resistencia máxima. Las microestructuras obtenidas tras el tratamiento de maduración se presentan en la Figura 5.

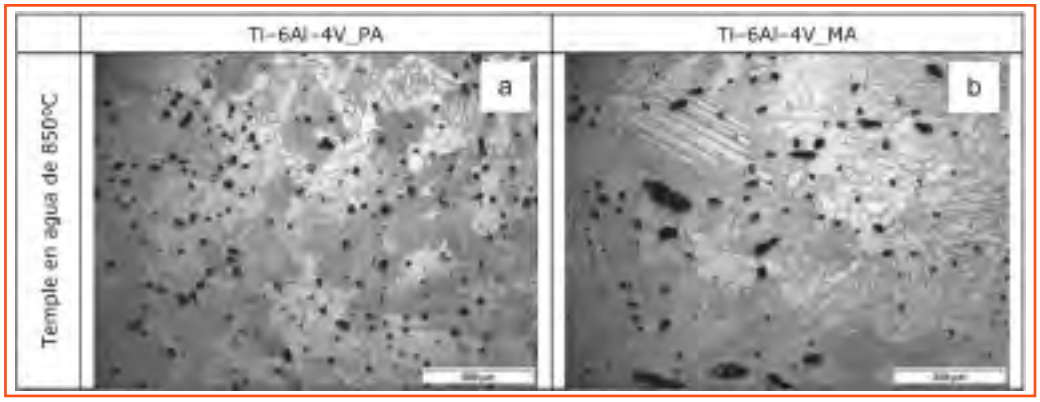


Figura 4. Microestructura de la aleación Ti–6Al–4V tras solubilización a 850 °C durante una hora y temple en agua: a) Ti64–PA y b) Ti64–MA.

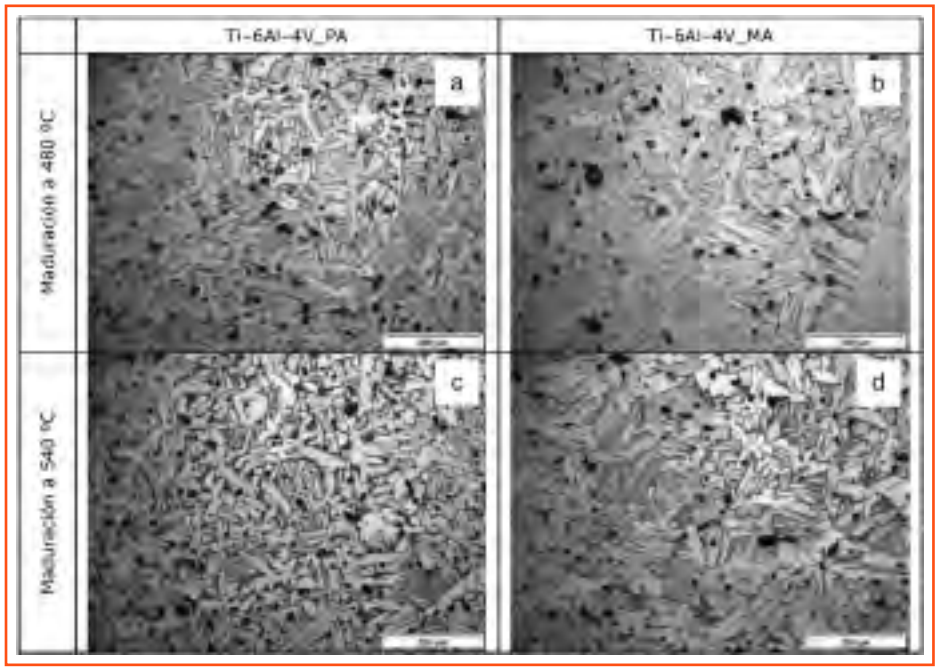


Figura 5. Microestructuras obtenidas tras el tratamiento de temple a 850 °C y de maduración a: a) 480 °C–4h, Ti64–PA; b) 480 °C–4h, Ti64–MA; c) 540 °C–4h, Ti64–PA; y d) 540 °C–4h, Ti64–MA.

Como se puede observar en la Figura 5, el tratamiento de maduración induce la transformación de la fase β metaestable hacia una estructura estable de α primaria y colonias de α+β, siendo esta transformación más efectiva al aumentar la temperatura. Además, comparando el tipo de polvo empleado, parece que el polvo prealeado permite alcanzar una microestructura más fina, lo que justifica la menor caída de la TRS en comparación a la aleación Ti64–MA que posee una mayor densidad relativa.

La aplicación de un tratamiento de recocido debería permitir obtener nuevamente la microestructura de partida, sin embargo se puede apreciar una diferencia significativa en términos de TRS con respecto a las muestras sinterizadas, lo que se debe principalmente a dos factores: la ubicación de la temperatura de recocido en el diagrama de fases y la velocidad de enfriamiento. Más en detalle, una temperatura de recocido de 850 °C se encuentra en la región bifásica α+β, por lo tanto, la microestructura se caracteriza por una cantidad importante de α primaria que no llega a transformarse en β y, consecuentemente, una mayor resistencia en comparación a la obtenida con una temperatura de recocido de 1.050 °C donde el enfriamiento se lleva a cabo desde la región en la que es estable sólo la fase β. La Figura 6 muestra las microestructuras de la aleación Ti–6Al–4V pulvimetalúrgica sometida a los dos tratamientos de recocido descritos.

Analizando las microestructuras obtenidas tras los recocidos (Figura 6) se puede apreciar que el recocido a 850 °C conlleva la formación de zonas típicas de la microestructura de cesta (Widmanstátten) especialmente visibles en la aleación Ti64–MA, si bien el constituyente predominante es la fase α primaria. En el caso de la aleación Ti64–PA las zonas con microestructura de cesta tienen un tamaño significativamente menor como se puede apreciar en la magnificación en la parte izquierda de la Figura 6 a), lo que justifica que la Ti64–PA presenta una TRS directamente comparable con la de las muestras sometidas a maduración, y superior a la del sinterizado. La microestructura de las muestras recocidas a 1.050 °C se compone de granos de · crecidos por difusión a partir de los bordes de granos de la fase β más una cantidad más importante de α+β en forma de cesta donde, nuevamente, esta resulta ser más fina en la aleación Ti64–PA.

La Figura 7 muestra la comparación de la resistencia a flexión obtenida en las aleaciones Ti64–PA y Ti64–MA sometidas a los diferentes tratamientos térmicos tras la solubilización a 1.050 °C.

La TRS de las muestras templadas desde la temperatura de solubilización de 1050 °C (Figura 7) debería aumentar notablemente debido a la formación de la martensita, ya que esta temperatura se encuentra en la zona de estabilidad de la fase β y, por lo tanto, a temperatura superior a la de inicio de la transformación adifusional o martensítica. Este

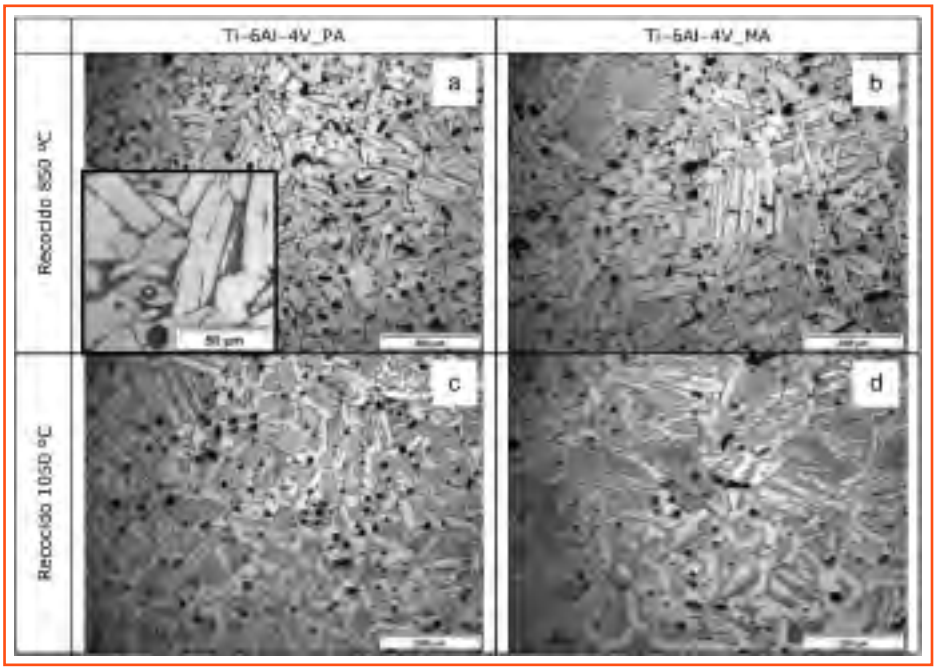


Figura 6. Microestructuras de la aleación Ti–6Al–4V P/M obtenidas tras el tratamiento temple a 850 °C y recocido a: a) 850 °C–2h, Ti64–PA; b) 850 °C–2h, Ti64–MA;c) 1050 °C–2h, Ti64–MA y d) 1050 °C–2h, Ti64–MA.

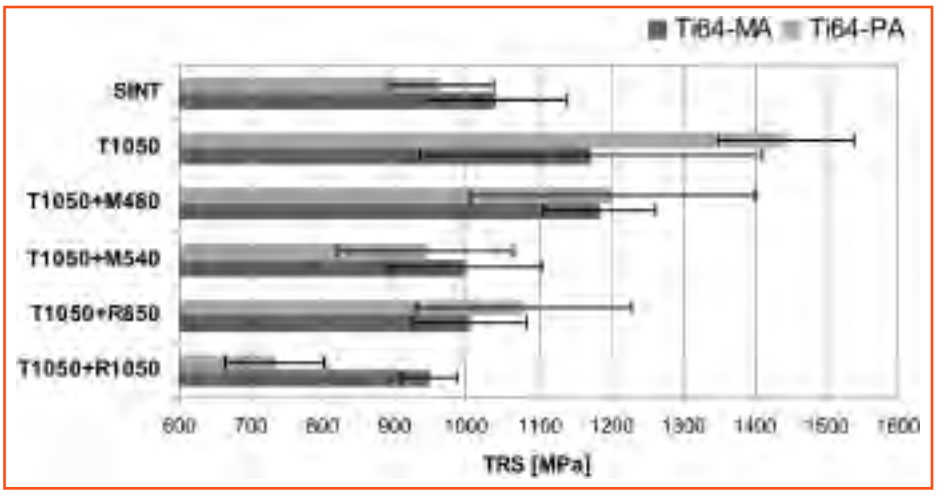


Figura 7. Comparación de la TRS para las dos aleaciones de Ti–6Al–4V solubilizadas a 1050 °C y sometidas a temple (T), temple y maduración (M) y temple y posterior recocido (R).

comportamiento se observa en el caso de la aleación Ti64–PA, que alcanza una TRS de 1.400 MPa superior tanto a la obtenida tras la sinterización como a la de después del temple desde 850 °C. Sin embargo, en el caso de la aleación Ti64–MA se alcanza una TRS superior a la del sinterizado pero inferior a la del temple desde 850 °C. En la Figura 8 se muestran las microestructuras de las muestras templadas a partir de la región de estabilidad de la fase β.

El análisis microestructural de las muestras solubilizadas a 1.050 °C y templadas en agua (Figura 8) confirma que la aleación Ti–6Al–4V enfriada rápidamente desde la región de estabilidad de β se transforma en alfa acicular (α') o beta transformada (β_{tr}) y quedan pequeños bordes de granos de la fase β originaria. Sin embargo, en el caso de la aleación Ti64–MA (Figura 8 b) el porcentaje de fase martensitica que se ha formado es significativamente menor y, consecuentemente es mucho mayor el porcentaje de beta en los bordes de grano, lo que explica la menor TRS obtenida, aunque sólo justificable debido a un temple incorrecto.

La aplicación de un tratamiento térmico de maduración a las muestras templadas desde 1050 °C produce una caída importante de la resistencia a flexión, siendo esta disminución tanto más pronunciada cuanto mayor es la temperatura de ma-

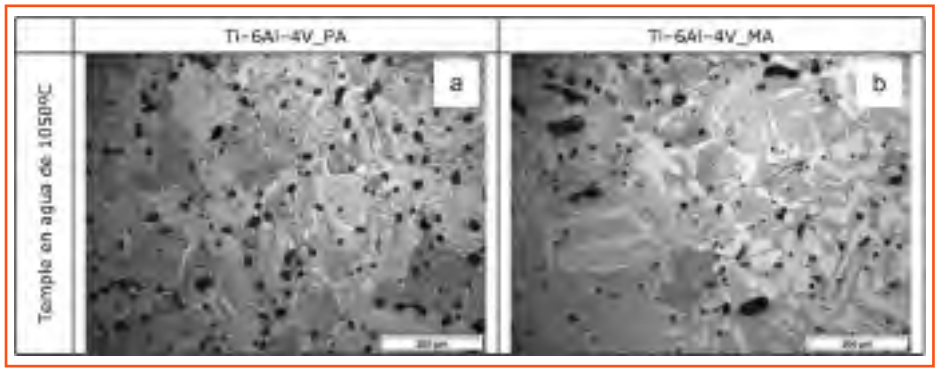


Figura 8. Microestructura de la aleación Ti–6Al–4V tras solubilización a 1.050 °C durante una hora y temple en agua: a) Ti64–PA y b) Ti64–MA.

duración. Este comportamiento se debe a que durante el tratamiento de maduración la fase α' se transforma en la fase alfa. Siendo la fase estable del diagrama de fases, la transformación α' → α se lleva a cabo de forma más rápida y eficiente cuanto más alta sea la energía disponible en el sistema, la cual aumenta al incrementar la temperatura de tratamiento.

Las microestructuras de las muestras sometidas a un tratamiento de maduración después del temple a 1.050 °C aparecen en la Figura 9. Como se puede apreciar, la microestructura de las muestras sometidas a un tratamiento de maduración a 480 °C (Figura 9 a y Figura 9 b) se parecen a las obtenidas tras el temple (Figura 8) y se pueden identificar todavía zonas de β retenida que no han llegado a convertirse en la fase α estable a esa temperatura según el diagrama de fases. En el caso del tratamiento a 540 °C, la transformación a la microestructura más estable parece prácticamente terminada para la aleación Ti64–PA (Figura 9 c), ya que no se pueden diferenciar zonas blancas de β confinadas a los bordes de granos. Sin embargo, en el caso de la aleación obtenida añadiendo aleación maestra, la microestructura obtenida a 540 °C (Figura 9 d) se parece a la de 480 °C y sigue siendo posible destacar zonas de β no transformada. Esto se debe al mayor porcentaje de fase β encontrada tras el temple (Figura 8 b). El análisis microestructural justifica el hecho que la aleación Ti64–PA sometida a maduración a 540 °C presente una TRS menor en comparación a la Ti64–MA cuando, normalmente, alcanza resistencias mayores.

Como en el caso de las muestras sometidas a recocido después de un temple a 850 °C, el recocido de las muestras templadas desde 1.050 °C debería permitir

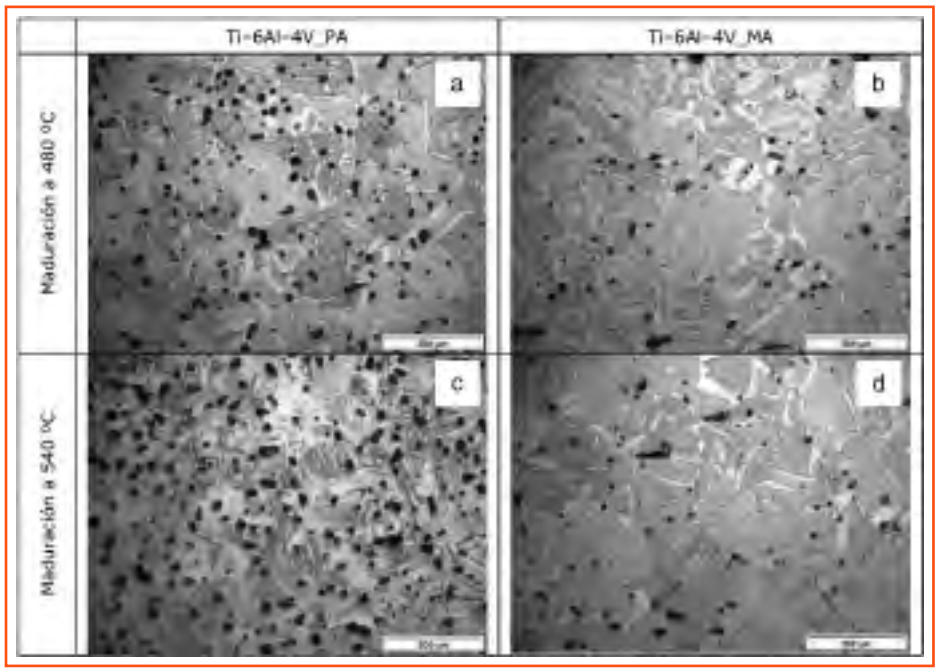


Figura 9. Microestructuras de las muestras sometidas a un tratamiento de temple a 1.050 °C y de maduración a: a) 480 °C–4h, Ti64–PA; b) 480 °C–4h, Ti64–MA; c) 540 °C–4h, Ti64–PA; y d) 540 °C– 4h, Ti64–MA.

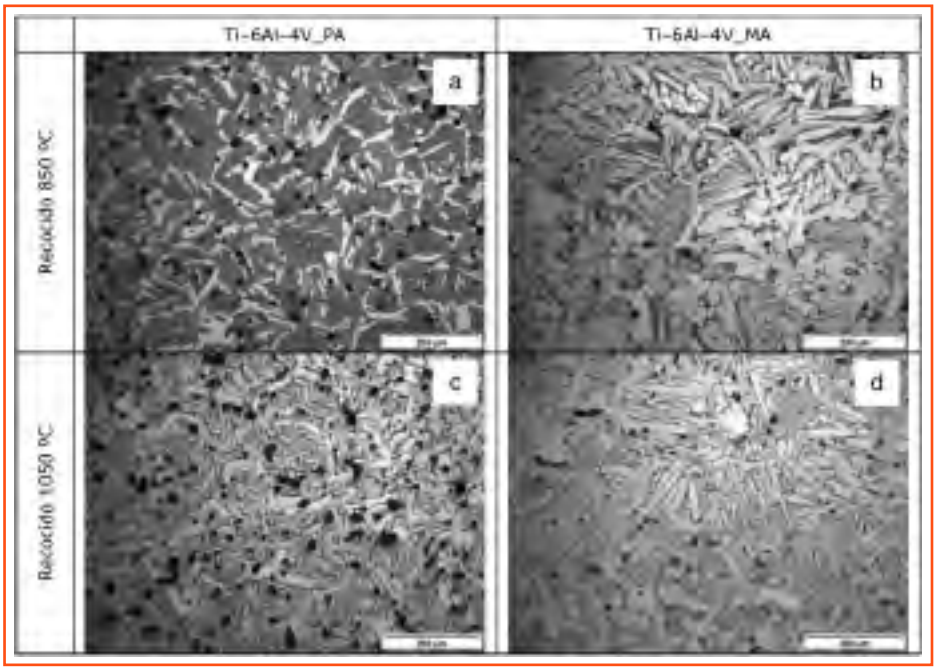


Figura 10. Microestructuras de la aleación Ti–6Al–4V P/M obtenidas tras el tratamiento temple a 1.050 °C y de recocido a: a) 850 °C–2h, Ti64–PA; b) 850 °C–2h, Ti64–MA;c) 1050 °C–2h, Ti64–PA y d) 1050 °C–2h, Ti64–MA.

volver a obtener la microestructura original de las muestras sinterizadas. Sin embargo, considerando los valores de TRS mostrados en la Figura 7, se puede apreciar que esto no se cumple, especialmente en el caso de la aleación Ti64–PA. Claramente, las consideraciones expuestas para los recocidos tras el temple de 850 °C acerca de la temperatura de recocido y del enfriamiento de los componentes, se aplican al caso de los recocidos después de temple de 1.050 °C. La Figura 10 muestra las imágenes de la microestructura obtenidas tras los dos recocidos para ambos tipos de aleación.

La microestructura de las muestras recocidas a 850 °C (Figura 10 a y Figura 10 b) está constituida por granos de α primaria y granos de $\alpha+\beta$. Sin embargo se puede apreciar una notable diferencia entre los dos tipos de aleación, ya que la aleación Ti64–PA presenta un tamaño de α mayor y láminas de $\alpha+\beta$ más finas, lo que es coherente con la mayor TRS alcanzada. Esta diferencia es nuevamente debida a que la aleación Ti64–MA presentaba un mayor porcentaje de β en los bordes de grano tras el temple. Cuando se consideran las microestructuras de las muestras sometidas a recocido a 1.050 °C, en el caso de la aleación Ti64–MA la diferencia, en comparación a los componentes recocidos a 850 °C, es mínima y se centra principalmente en el tamaño de las láminas de $\alpha+\beta$, en concordancia con la resistencia mecánica. En el caso de la Ti64–PA, la temperatura de recocido afecta mucho más la microestructura final, y la microestructura obtenida a 1.050 °C se parece a la de la Ti64–MA si bien el tamaño de las zonas de $\alpha+\beta$ parece más fino.

4. CONCLUSIONES

El estudio realizado muestra que la aleación ti-6Al-4V obtenida por métodos pulvimetalúrgicos, responde a los tratamientos térmicos normalmente utilizados en esta aleaciones, en la forma esperada, si bien se aprecian algunas particularidades que es necesario estudiar más en detalle. Se han advertido diferencias de comportamiento entre las aleaciones preparadas a partir de polvos prealeados y las producidas a partir de aleaciones maestras.

Por otra parte, la selección de una temperatura de solubilización en el intervalo de coexistencia de la fase α y de la fase β o en la región de la fase β, junto con una temperatura de maduración más o menos elevada proporcionan una combinación de propiedades ajustables a una aplicación específica. Por otro lado, el tratamiento de recocido después de un temple puede modificar la microestructura y las propiedades llegando a obtener valores comparables a los de partida o, en algún aspecto, mejorados.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Ministerio de Educación y Ciencia por su financia-

ción a través del proyecto de I+D MAT2006-02458 y a la Comunidad de Madrid por su financiación a través del Programa ESTRUMAT (S-2009/MAT–1585).

6. REFERENCIAS

[1] R. Boyer, G. Welsch, and E. W. Collings, "Materials Properties Handbook: Titanium Alloys", 2nd ed, ASM-International, Ed., 1998.

[2] H. Sibum, V. Gúther, O. Roidl, F. Habashi, and H.-U. Wolf, "Titanium, Titanium Alloys, and Titanium Compounds", in Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry 6th edition, W.-V. V. G. C. KGaA, Ed., 2002.

[3] V. A. Joshi, Titanium Alloys: An Atlas of Structures and Fracture Features, Taylor & Francis, 2006.

[4] G. Lútjering and J. C. Williams, Titanium: Engineering Materials and Processes, 1st ed., Springer, 2003.

[5] S. L. Semiatin, V. Seetharaman, and I. Weiss, "The Thermomechanical Processing of Alpha/Beta Titanium Alloys ", Journal of the Minerals, Metals and Materials Society, vol. 49, pp. 33-39, 1997.

[6] W. Schatt and K.-P. Wieters, Powder Metallurgy. Processing and Materials, EPMA European Powder Metallurgy Association, 1997.

[7] F. H. Froes, M. N. Gungor, and M. A. Imam, "Cost Affordable Titanium An Update ", Materials Technology: Advanced Performance Materials, vol. 21, pp. 206-209, 2006.

[8] L. Parsons, J. Bruce, J. Lane, and F. H. Froes, "Titanium P/M Comes of Age", Metal Progress, vol. 126, pp. 83-&, 1984.

[9] ASTM E 1409, "Standard Test Method for Determination of Oxygen in Titanium and Titanium Alloys by the Inert Gas Fusion Technique", 1997.

[10] ASTM E 1937, "Standard Test Method for Determination of Nitrogen in Titanium and Titanium Alloys by the Inert Gas Fusion Technique", 1997.

[11] ASTM E 1941, "Standard Test Method for Determination of Carbon in Refractory and Reactive Metals and Their Alloys", 2004.

[12] L. Bolzoni, P. G. Esteban, E. M. Ruiz-Navas, E. Gordo, and J. A. Calero, "Obtención de Aleaciones TI-6Al-4V Pulvimetalúrgicas a Partir de Polvos Prealeados y Aleación Maestras", in II Congreso Nacional de Pulvimetalurgia San Sebastián (Spain), 2008.

[13] RMI, "Titanium Company: Titanium Alloy Guide", available at: http://rtiintl. s3.amazonaws.com/RTI-Reports/ti-guideWeb.pdf, 2000.

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

ACEMSA

Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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

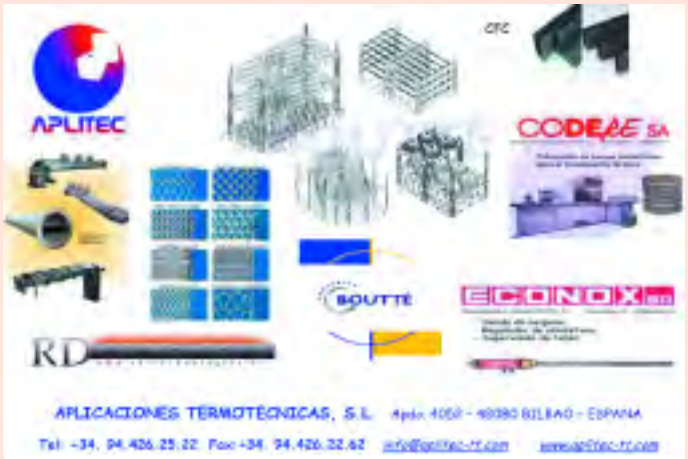
B.M.I.
El especialista en hornos para tratamientos térmicos al vacío
Temple gas y aceite
Revenido y recocido
Nitruración baja presión
Nitruración iónica
Cementación baja presión
Soldadura brazing
Sinterizado
MIM
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L. - Apdo. 4062 - 48080 BILBAO - ESPAÑA
TEL.: 94.426.25.22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

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

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

Flexinox
INDUSTRIAL
www.flexinox.com
ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA
TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECAMBIOS EN ACEROS REFRACTARIOS
TUBOS RADIANTES
MUFLAS
RETORTAS
UTILLAJES
CESTAS Y CRISOLES
CADENAS
REPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE HORNOS
(OBRAS REFRECTARIAS)
Representante para España de AUBE-LINDBERG

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


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

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

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

interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.
Ingeniería y Productos para
Hornos y Procesos Térmicos
- Ingeniería de Hornos.
- Suministro y fabricación de resistencias.
- Quemadores recuperativos y regenerativos.
- Reguladores de potencia.
- Sistemas de control de procesos.
- Control de atmósferas.
www.interbil.es

ARROLA®
SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TÉRMICO
HORNOS INDUSTRIALES
DISEÑO Y FABRICACION DE INSTALACIONES - ASISTENCIA TECNICA
METROLOGIA Y CALIBRACION - CONTROL DE ATMOSFERA
SISTEMAS INFORMATICOS PARA CONTROL Y REGISTRO DE DATOS
POLIGONO INDUSTRIAL ARCIXAO, PAB. 60
E 20700 ZUMARRAGA (GIPUZKOA) SPAIN
TEL. (+34) 943 72 52 71 FAX. (+34) 943 72 56 34
info@arrola.es www.arrola.es

Shaping industry
Su Proveedor de soluciones en Tratamiento de Superficies
Maquinaria y consumibles para granallado,
chorreado, shotpeening y acabado por vibración
wheelabrator

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

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

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

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

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

Ipsen

Solución total con un único proveedor

Programa de Fabricación:

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

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

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 47
AFE CRONITE 11
APLITEC 45
ARROLA 7
BAUTERMIC 17
BMI 45
BRUKER 47
BURGDORF 15
COFI 5
COMERCIAL SATEC . . . . . 15 y 21
CUMBRE INDUSTRIAL 9
DEGUISA 44
EMISON 45
ENTESIS 45
FISCHER INSTRUMENTS 46
FLEXINOX 45
HINGASSA 23
HORNOS ALFERIEFF . . . . . Contraportada 4
HORNOS DEL VALLÉS 21
HOT 19
INDUSTRIAS TEY 45
INGENER 23
INFAIMON 44
INSERTEC . . . . . PORTADA
INSTRUMENTOS TESTO 47
INTERBIL 3
IPSEN 47
LIBROS DE TRATAMIENTO TÉRMICO 35
METALOGRÁFICA DE LEVANTE . 46
MIDEST . . . . . Contraportada 2
MTC . . . . . 13 y 15
PLASMA METAL 13
PROYCOTECME 45
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 46
SECO WARWICK 7
SOLO 47
SPECTRO 47
STARRAT 15
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL 47
SUNTEC 5
TECNYMAT 17
WHEELABRATOR 46

Próximo número

NOVIEMBRE

Hornos de inducción. Quemadores. Estufas. Secaderos. Hornos para tratamiento térmico del aluminio y aleaciones ligeras. Aceros para herramientas, fundiciones y moldes. Construcción de herramientas. Medidas. Control no destructivo, temperatura, dureza.