TRATER Press

JUNIO 2015 • Nº 47

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

1945 SOLO 2015

Switzerland

Celebrating 70 Years

soloswiss.es

Líneas automáticas de hornos continuos

Hornos de campana

Innovative. Reliable. Precise.

NINGALOO INDUSTRIAL MEETINGS

Encuentro Internacional de Compradores ▶ 4 de noviembre de 2015

metalmadrid `15 www.metalmadrid.com

Cuota de participación

300€ + IVA

Si busca compradores europeos utilice un buscador, pero si quiere encontrarlos utilice nuestro Encuentro.

Grupo Metalia, Ningaloo y el Grupo DELTECO se unen para celebrar en METALMADRID 2015 los

NINGALOO INDUSTRIAL MEETINGS

¿Está su empresa buscando compradores europeos? Entonces tiene una cita el próximo **4 de noviembre** en los **Ningaloo Industrial Meetings**, el nuevo encuentro de compradores de **MetalMadrid**. Una gran oportunidad para reunirse con empresas internacionales que buscan proveedores españoles para nuevos proyectos de fabricación.

El Encuentro está especialmente dirigido a empresas de subcontratación industrial de las siguientes actividades: mecanización, fundición, transformación metálica, plásticos, molde y matricería. Si desea más información contacte con nosotros: encuentros@ningaloo.es

NINGALOO

grupo metalia

Machine Tools DELTECO

Organizador Oficial

Patrocinador Oficial

Nuestra Portada

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

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

SOLO Swiss ofrece dos tipos de hornos:

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

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

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

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

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

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

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

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

Sumario • Junio 2015 - Nº 47

Editorial 2

Noticias 4

TRATERMAT 2015 • Hornos industriales tipo "ECFAC" • VertiQuench • Nuevo NX7, el controlador para la automatización de máquinas más rápido del mercado • Nuevo plan de crecimiento para PCB • CONIEX se instala en México.

Artículos

- Unidad central aspiración DC11-Module XL 10
- Tratamiento térmico de los aceros para herramientas en hornos de vacío con temple a gas. 1ª Parte. Requisitos del proceso y simulaciones - *Por PhD. Emilia Wolowiec, Prof. Piotr Kula, PhD. Maciej Korecki y Eng. Józef Olijnik* 12
- Se consolida la mejora de la economía española - *Por Confemetal* 20
- Oxford Instruments ha introducido recientemente el PMI-MASTER Smart, el primer espectrómetro de emisión óptica (arco/chispa) para análisis de metales verdaderamente portátil 23
- Algunas consideraciones sobre los aceros rápidos pulvimetalúrgicos - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz (†)* 24
- Mejora de la esferoidización de aceros de medio carbono mediante la aplicación en tibio de bajas deformaciones - *Por J. Arruabarrena, P. Uranga, B. López, J. M. Rodríguez-Ibabe* 32

EMPLEO 43

Guía de compras 44

Indice de Anunciantes 48

Síguenos en

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

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

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

Redactor honorífico:
José María Palacios

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

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

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

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

Queda prohibida la reproducción total o parcial de cualquier texto o artículo publicado en TRA-

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

Thermprocess es la exposición internacional de referencia para nuestro sector del Tratamiento Térmico y donde estaremos con este número en Düsseldorf del 16 al 20 del próximo mes de junio. Los pabellones 9 y 10 están dedicados a nuestro sector de un total de 14 que forman **"The Bright World of Metals"**.

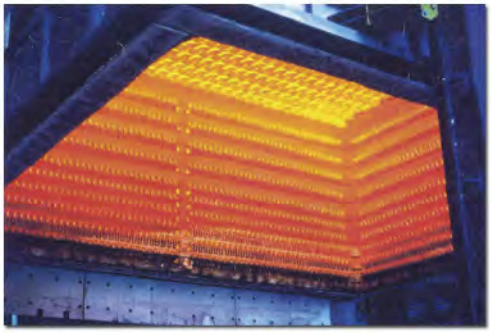
La representación española también está presente, tanto de empresas nacionales propiamente dichas, como de otras que lo harán sus casas centrales.

Y en septiembre en Porriño (Vigo) se celebra **TRATERMAT**, **Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie**, que en su edición número 14 lo organiza **AIMEN** como Centro Tecnológico y que engloba a la **Asociación de Investigación Metalúrgica del Noroeste**. Los días 30 de septiembre y 1 de octubre se celebra dicho Congreso al que dedicamos nuestro número de septiembre.

Esperamos saludarles en dichos eventos.

Antonio Pérez de Camino

Hornos
Laboratorio e industriales



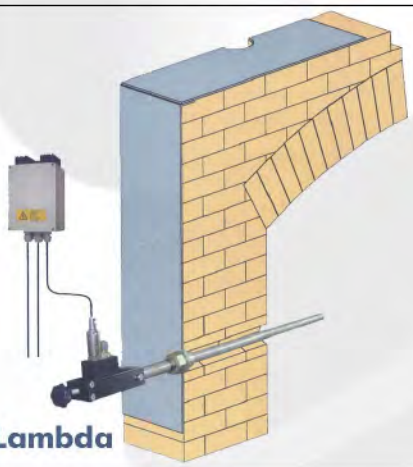
Quemadores
recuperativos y regenerativos

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

AEG
Power supply systems

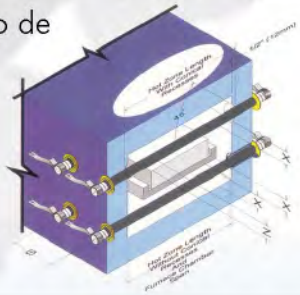
Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic



Sonda Lambda

Carburo de Silicio



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

MoSi2 (Hasta 1800°C)

interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

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

www.interbil.es

SYSTEM CERTIFICATION ISO 9001:2000 SGS ACREDITADO POR ENAC

TRATERMAT 2015

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

ORGANIZA:

aimen
CENTRO TECNOLÓGICO

Secretaría Técnica del Congreso
tratermat@aimen.es

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

El programa abordará las siguientes temáticas:

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

Más información en la página 9.

Info 1

Hornos industriales tipo "ECFAC"

Se trata de hornos metálicos (estufas) para calentamientos hasta 500 °C previstos para poder cargar las piezas a tratar sobre carros, bandejas, palets, cajas, cestas...

Se fabrican en distintos formatos y pueden ser calentados eléctricamente o a combus tión.

Tipo ECFAC	Kw. hasta			Dimensiones interiores		
	200ºC	250ºC	350ºC	A	B	C
1	12	14	20	1000	1000	1000
2	16	18	26	1000	1500	1000
3	19	22	32	1250	1500	1250
4	21	24	35	1200	1500	1500
5	24	28	40	1500	1500	1500
6	30	35	50	1500	1500	2000
7	35	41	58	1500	2000	2000
8	39	45	65	1500	2000	2500
9	54	63	90	2000	2500	2500

Sirven para todo tipo de Calentamientos, Secado, Deshidrogenado, Revenido, Estabilizado, Dilatación, Envejecimiento acelerado, Polimerizado, Tratamientos Térmicos....

Pueden ir equipados con extracciones forzadas de gases, Cámaras de Vacío, Programación de ciclos Tiempo-Temperatura, Registradores gráficos, Control de Humedad, etc...

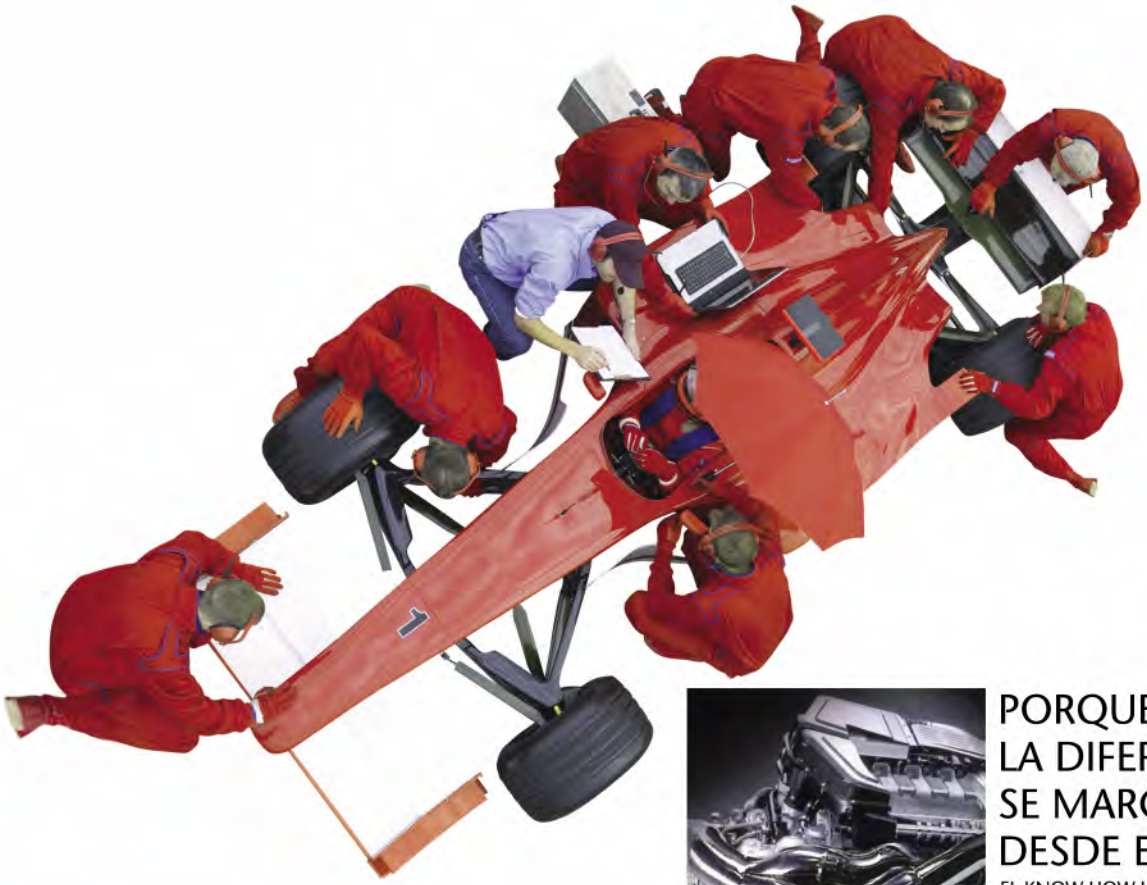
También se fabrican túneles continuos y hornos con refractario hasta 1.200 °C.

Info 3

VertiQuench

SECO / WARWICK sigue disfrutando de un año excepcional con gran número de pedidos, gracias al desarrollo de sus tecnologías.

El Equipo de Proceso de aluminio está orgulloso de sus logros. Los hornos Drop-Bottom se han convertido en uno de los mejores productos de su catálogo, ya que numerosos hornos han sido distribuidos y significativas mejoras han sido implementadas en su tecnología. Por todo han decidido registrar su modelo de hornos Drop-Botton con un nuevo nombre: VertiQuench®. Este nombre describe su proceso de rápido enfriamiento vertical, donde el material tratado a alta temperatura se enfría rápidamente, al dejarlo caer sobre el tanque de enfriamiento situado exactamente bajo el horno. Esta solución permite al exigente sector aeroespacial alcanzar en sus procesos:



PORQUE LA DIFERENCIA SE MARCA DESDE EL PRINCIPIO

EL KNOW HOW UNIDO AL CUIDADO DE LAS PRIMERAS FASES DE FABRICACION MARCAN LA CALIDAD, FIABILIDAD Y DURABILIDAD FINAL DEL PRODUCTO.

MEDIANTE HORNOS DESARROLLADOS, INSTALADOS Y MANTENIDOS POR ARROLA SE FABRICAN COMPONENTES PARA LA MAS ALTA COMPETICION.

ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

SERVICIO INTEGRAL

PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TERMICO Y GALVANIZADO EN CALIENTE

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

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

publiadk

- Tiempos de enfriamiento compatibles con AMS2750.
- Extremadamente ajustada uniformidad de temperatura, gracias a las patentadas y probadas innovaciones de flujo de aire.
- Inmersión rápida y completa incluso hasta en 5 segundos.
- Diseño compacto favoreciendo la expansión de la línea.
- Bajo Consumo de suministros (luz, agua…).

Info 4

Nuevo NX7, el controlador para la automatización de máquinas más rápido del mercado

OMRON amplía la gama de controladores para la automatización de máquinas con los nuevos modelos NX7 y NJ1, que constituyen el núcleo de la plataforma de automatización Sysmac). El lanzamiento de la serie NX7 y NJ1 permite un amplio rango de soluciones de automatización, desde las más vanguardistas, con sistemas avanzados de producción, hasta las máquinas más sencillas.

El nuevo controlador NX7 es el buque insignia de la gama y ofrece la máxima velocidad sin comprometer la fiabilidad. Cuenta con el tiempo de procesado más rápido del sector, gracias al uso de procesadores Intel® Core™ i7 de cuatro núcleos, y a su gran capacidad de memoria. Pensando en un futuro con sofisticados centros de producción que usen el concepto del IoT (Internet of Things – Internet de las Cosas), OMRON ha diseñado este controlador integrado para dar al usuario una capacidad de escalado, que va más allá del marco de los controladores y PLC anteriores. Esta escalabilidad se complementa con el nuevo NJ1, que permite que Sysmac se adapte a los equipos actuales de fabricación.

El NJ1 es el controlador de automatización más básico de la familia, que controla hasta 2 ejes y es completamente compatible con los controladores NJ5//NJ3. Al compartir el mismo concepto, dimensiones y especificaciones, el NJ1 resulta ideal para máquinas sin ejes o con un bajo número de éstos. Con una arquitectura que permite incorporar rápidamente la tecnología de comunicación más reciente (ICT), Sysmac proporciona un entorno de fabricación altamente innovador. Lo logra por medio de una serie de librerías de aplicación y mediante herramientas de diseño como el simulador 3D.

Info 5

Nuevo plan de crecimiento para PCB

PCB Precicast Bilbao, compañía participada en un 80% por ITP y en un 20% por la suiza PCN, y especializada en la fundición a la cera perdida, ha anunciado el lanzamiento del proyecto que supondrá importantes inversiones como parte de su plan de crecimiento y expansión.

Así, el esfuerzo en I+D y el crecimiento de proyectos con la cartera de clientes actuales, requieren un aumento de las capacidades de PCB que se traducirá en una inversión de 20 millones de euros en los próximos 7 años (2015-2021).

Asimismo, con el objeto de poder gestionar el crecimiento, se realizará una extensión de las instalaciones actuales de PCB en una nueva planta productiva en Bizkaia, ubicada en la margen izquierda. Se está trabajando para que la ubicación de la planta sea en los terrenos de la sociedad Sestao Bai, participada por el ayuntamiento de Sestao y la Diputación foral de Bizkaia.

Como parte del plan de crecimiento y expansión, PCB prevé aumentar su plantilla de forma significativa. Las contrataciones empezarán en los próximos meses y podrían suponer hasta 200 nuevos empleos hasta el año 2021.

El plan de crecimiento de PCB anunciado tiene que ver con las buenas perspectivas de la industria aeronáutica. El plan se enmarca dentro de los recientes pedidos de aviación comercial registrados por ITP y apoya también el crecimiento con otros clientes de PCB. Además de ITP, PCB cuenta en su cartera de clientes con todas las grandes compañías de motores del sector aeronáutico.

PCB, Precicast Bilbao, es una empresa dedicada a la producción de piezas fundidas en aleaciones especiales mediante el proceso de microfusión a la cera perdida. PCB provee soluciones en productos de microfusión para las empresas fabricantes de turbinas de gas e industriales. Funda-

HORNOS DE INDUCCIÓN
PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

I-HAZ:
MAXIMIZA EL CONTROL DEL PROCESO

MODO STAND-BY:
MINIMIZA LOS RECHAZOS EN PARADAS Y ARRANCADAS

INDUCTOTHERM GROUP | IBERIA

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

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

INDUCTOTHERM® GROUP

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

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

da en 1999, PCB es una empresa participada al 80% por ITP y en un 20% por la compañía suiza PRECICAST.

ITP incluye entre sus actividades las de Diseño, Investigación y Desarrollo, Fabricación, Montaje y Pruebas de motores aeronáuticos y turbinas de gas. Es también el servicio oficial de mantenimiento de la mayor parte de los fabricantes de motores existentes actualmente en el mundo. ITP cuenta con 17 centros productivos en España, Gran Bretaña, Malta, Estados Unidos, India y México y una plantilla de más de 3.000 empleados.

Info 6

CONIEX se instala en México

La compañía CONIEX, S.A. consolida su apuesta por la internacionalización con la creación de su filial en México.

La firma ubicada en Palau-Solità i Plegamans, provincia de Barcelona, ha desarrollado en los últimos siete años una importante apuesta en I+D+i participando en diferentes proyectos europeos. También ha desarrollado, en paralelo, un programa de exportación que le permite, en estos momentos, estar presente en más de 30 países de 4 continentes.

Fruto de este aumento de las exportaciones y considerando el número de equipamientos ya enviados al citado país centroamericano, se plantea a lo largo de 2014, realizar un profundo estudio de mercado sobre la situación presente y la futura evolución del país.

Las condiciones geoeconómicas y sus tratados comerciales le convierten en un país atractivo para la inversión industrial.

Por otro lado, también hay que destacar que la paridad Euro/Dólar no hace sino incrementar la competitividad de la maquinaria y productos europeos, no pareciendo a medio plazo que esta tendencia se vaya a modificar.

Verificado que todos los datos macroeconómicos, sectoriales internos, etc. son favorables, se inicia un programa para la constitución durante el año 2015 de una filial, ubicada en la zona del Bajío.

Y concretamente dentro de esta vasta extensión, se opta por la ciudad de Celaya (Estado de Guanajuato) situada en el centro de esta región y encrucijada de las vías férreas que circulan de norte a sur y de Atlántico a Pacífico.

PROGRAMA DE CONIEX MÉXICO S.A de C.V

Coniex México nace con una filosofía y un modo de hacer muy definidos, tras 3 décadas de existencia de su matriz y siendo el cuarto país donde este modelo se implanta.

La maquinaria de nivel premium, los productos consumibles de calidad y, por encima de todo, el know how y el servicio técnico, son sus premisas tradicionales.

La voluntad en este caso es, además, asesorar y transferir tecnología a los usuarios de nuestros equipos y productos, acompañándolos en sus necesidades diarias y en sus nuevos proyectos.

Las líneas de negocio serán las de tratamiento de superficies:

- Granallado.
- Chorreado (sandblasteado como se conoce en México).
- Vibración.
- Lavado y desengrase industrial.
- Tratamientos de los efluentes producidos en los procesos anteriores.

Así como la línea de fundición inyectada:

- Inyectoras.
- Hornos.
- Atemperadores.
- Equipos de vacío.
- Sistemas de control.
- Contenedores, fungibles, etc.

CONIEX MEXICO está ya operativa y sus datos de contacto son:

CONIEX MEXICO S.A. de C.V.
Circuito de las Quintas 118
Fraccionamiento Las Quintas
38035 CELAYA (Guanajuato)
MEXICO
Tfno: +52 (461) 608 73 07
Mail:
administracion@coniex.com.mx

Info 7

Patrocinan:

Colabora:

AIMEN ORGANIZA EL
XIV CONGRESO NACIONAL DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y DE SUPERFICIE

CENTRO DE APLICACIONES LÁSER

30 DE SEPTIEMBRE Y 1 DE OCTUBRE DE 2015

O PORRIÑO

AIMEN Centro Tecnológico organiza, del 30 de septiembre al 1 de octubre, la **XIV edición del Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie.**

Nos complace invitarle a participar en este evento, que girará en torno a las siguientes temáticas:

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

Puede consultar el programa en la siguiente dirección **www.tratermat.es/es/programa.html.**

Para formalizar la inscripción, deberá enviar el formulario, debidamente cumplimentado, a la siguiente dirección de correo electrónico: **tratermat@aimen.es**. AIMEN le confirmará su inscripción a través de correo electrónico.

El período de inscripción finaliza el 30 de septiembre de 2015 a las 12.00 horas.

Nuestros descuentos en transporte los encontrará aquí: **www.tratermat.es/es/inscripciones.html.**

Saludos cordiales
Secretaría Tratermat
Síguenos en Twitter @TRATERMAT2015

Unidad central aspiración DC11-Module XL

El DC 11-Module es una unidad central completa para extracción en el origen y limpieza industrial. La unidad puede aspirar cualquier tipo de polvo, incluso refrigerantes y emulsionantes cuando está equipado con un preseparador. El DC-11 Module ha ganado su popularidad por ser un equipo versátil, compacto y fácil de instalar. Se pueden conectar hasta 6 puntos de extracción al mismo tiempo en plantas pequeñas o de mediano tamaño.

Tras recibir numerosas peticiones por parte de nuestros clientes para obtener los mismos beneficios que suministra el DC11 Module pero para instalaciones más grandes y con más puntos de extracción, ampliamos la familia del DC11 Module añadiendo el nuevo XL

	15 kW	18,5 kW
Motor	50 Hz	50 Hz
RPM	4000	4300
Entrada/salida Ø	160/160mm	160/160mm
Caída de presión	26 kPa*	28 kPa*
Presión nominal	20 kPa	20 kPa
Caudal máx. m3/h	1200	1400
Nivel ruido	66 dB (A)	66 dB (A)

*DC Green System max 22 kPa

REFERENCIAS

DC 11-Module XL 15kW *(400V), Bolsa con/sin cuadro eléctrico*
Part no 151100

DC 11-Module XL 15kW *(400V), Bolsa con cuadro eléctrico*
Part no 151110

DC 11-Module XL 15kW *(400V), Bolsa Green System*
Part no 151120

DC 11-Module XL 15kW *(400V), 40L contenedor con/sin cuadro eléctrico*
Part no 151200

DC 11-Module XL 15kW *(400V), 40L contenedor con cuadro eléctrico*
Part no 151210

DC 11-Module XL 15kW *(400V), 40L contenedor Green System*
Part no 151220

DC 11-Module XL 18,5 kW *(400V), Bolsa con/sin cuadro eléctrico*
Part no 153100

DC 11-Module XL 18,5 kW *(400V), Bolsa con cuadro eléctrico*
Part no 153110

DC 11-Module XL 18,5 kW *(400V), Bolsa Green System*
Part no 153120

DC 11-Module XL 18,5 kW *(400V), 40L contenedor con/sin cuadro eléctrico*
Part no 153200

DC 11-Module XL 18,5 kW *(400V), 40L contenedor con cuadro eléctrico*
Part no 153210

DC 11-Module XL 18,5 kW *(400V), 40L contenedor Green System*
Part no 153220

El DC11 Module XL proporciona la misma filosofía de enchufar y listo que sus hermanos pequeños. Está equipado con una unidad de filtro S11000X y para el vacío se puede elegir entre una turbo bomba TPR40 de 15 kW o una TPR43 de 18.5 kW.

La descarga se hace o bien en un saco o en un contenedor de 40 litros.

También recomendamos equipar el DC11-Module con nuestro exclusivo sistema de ahorro de energía DC Green System.

Dependiendo del número de salidas abiertas, se optimizan las rpm de la turbo bomba generando solo el vacío que se necesita, sin despilfarro.

Utilizando un sofisticado panel de control con un convertidor de frecuencia, se incrementa el rendimiento máximo comparado con un sistema normal. Debido a esto, el DC Green System puede darte un ahorro de energía potencialmente entre el 40% y el 90%.

Para mostrar nuestro compromiso en la sostenibilidad, hemos reducido los precios del DC Green System para reducir la inversión inicial y permitir a nuestros clientes beneficiarse de costes de energía más bajos y reducir el impacto medioambiental.

GIFA

NEWCAST

The Bright World of Metals

DÜSSELDORF/GERMANY
16–20 JUNE 2015

GIFA®
NEWCAST®

13TH INTERNATIONAL FOUNDRY TRADE FAIR WITH TECHNICAL FORUM

4TH INTERNATIONAL TRADE FAIR FOR PRECISION CASTINGS

www.gifa.com
www.newcast.com

N°1 worldwide

eco Metals
EFFICIENT PROCESS SOLUTIONS

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

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

GIFA: la feria internacional líder en tecnología de fundición.

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

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

Expo-Düsseldorf España, S.L.
C/. Fuencarral, 139-2° D – 28010 Madrid
Tel. (0034) 91 594 4586
Fax (0034) 91 594 4147
info@expodusseldorf.com

Messe Düsseldorf

HOT técnicas en Hornos HOT, S.L.

AICHELIN Group

HORNOS DE TRATAMIENTO – MAQINAS DE INDUCCION - QUEMADORES

Hauzer TECHNO COATING
PVD / PACVD TECHNOLOGY

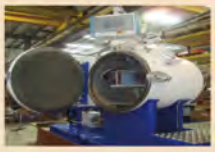
EQUIPOS DE PVD – Y - PACVD

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.

Polígono 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

Tratamiento térmico de los aceros para herramientas en hornos de vacío con temple a gas

1ª Parte. Requisitos del proceso y simulaciones

Por PhD. Emilia Wołowiec, Prof. Piotr Kula –Technical University of Lodz, Lodz, Poland.
PhD. Maciej Korecki, Eng. Józef Olejnik –SECO/WARWICK S.A., Swiebodzin, Poland

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros de herramientas son ampliamente utilizados en la industria del metal, polímero y cerámica. El requisito fundamental para una herramienta es su estabilidad de forma, por lo que se fabricará en un material que pueda aguantar la carga sin deformación plástica y ser altamente resistente a la abrasión.

Los aceros para herramientas se clasifican según su aplicación. Los troqueles, punzones, matrices de estampado, rodillos de prensado y otras herramientas diseñadas para el procesamiento en frío se fabrican con aleaciones de aceros, tales como NCLV, NC10, NC11LV, NZ3 (aunque en la práctica el material y las herramientas se van calentando ligeramente cuando se trabaja, por ejemplo, como resultado de la fricción o el trabajo de deformación). Los troqueles de extrusión de gran tamaño, los moldes de colada a presión, mandriles, punzones y otros elementos que trabajan a temperaturas más altas (en el rango de 250-700 °C) se fabrican con aleaciones de acero para procesamiento en caliente (tales como CMT, WCLV , WNLV, etc.). Se espera que los materiales de este grupo muestren un alto grado de dureza, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto y buena capacidad de temple. El tercer grupo comprende aceros de alta velocidad (por ejemplo SW7M, SW18, SK5M) aplicados principalmente a los utillajes de las máquinas que trabajan a altas velocidades (fresas, taladros, cortadoras).

En términos generales, todos los aceros para herramientas correctamente templados se caracterizan por la alta dureza, resistencia a la abrasión, mínima deformabilidad y susceptibilidad al sobrecalentamiento. Las cualidades básicas de los tipos de acero (resistencia a la abrasión, resistencia a las grietas, ductilidad) dependen en gran medida de la dureza que puedan conseguir.

Tratamiento térmico de los Aceros de herramientas

El tratamiento térmico de los Aceros de herramientas consiste en un proceso de temple seguido de un proceso de revenido, el cual asegura una apropiada estructura del material. Se debe mencionar en este punto que la composición química seleccionada tiene una influencia importante en las propiedades de dichos materiales. Sin embargo, esto va más allá del alcance del presente documento. Los aceros para herramientas requieren un tratamiento de precisión normalmente individualizado para cada grupo de acero. Las directrices detalladas se encuentran en la literatura especializada y en las especificaciones de los fabricantes de materiales, mientras que los nuevos conceptos y tendencias en el tratamiento térmico se comentan en revistas y eventos especializados HT [1-4]. Sin embargo, ciertas similitudes se pueden encontrar dentro de los grupos de aplicación de dichos aceros. En el tratamiento térmico de los aceros de herramientas para trabajar en frío se debe conseguir un grano fino, resistente a la abrasión y al desgaste. Estas propiedades se consiguen realizando el proceso de tal manera, que algunos de los carburos

no se disuelvan en la austenita. Por lo tanto, en la práctica, esos aceros se calientan a temperaturas de hasta 960 °C con su posterior enfriamiento en aceite.

Los aceros para trabajar en caliente, se templan en aceite o en gas, a temperaturas de hasta 1.120 °C y luego son revenidos a temperaturas de hasta 600 °C. La temperatura de austenización es un compromiso entre la necesidad de limitar el crecimiento de los granos de austenita primaria y la necesidad de disolver los carburos de aleación. Dependiendo del tamaño de la herramienta, el proceso de temple está dirigido a obtener una estructura de martensita (para elementos más pequeños) o martensita con bainita (para herramientas más grandes). Esto viene seguido de un revenido doble a temperatura por encima del punto de dureza secundaria, con el fin de reducir la austenita retenida y para aumentar la ductilidad y la resistencia a la fatiga térmica. Algunas veces se introducen procesos suplementarios, tales como la aplicación de diferentes recubrimientos (CVD, PVD) o nitruración, el cual, incrementa adicionalmente la dureza de las superficies de trabajo de las herramientas tratadas, así como mejora su resistencia a la abrasión y a la corrosión.

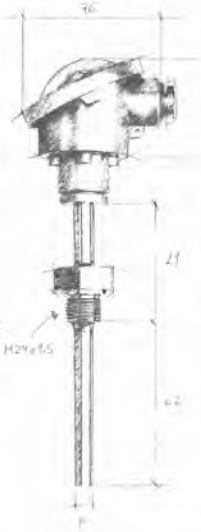
Los aceros de alta velocidad se templan en aceite o gas a presión, a temperaturas de hasta 1.250 °C, con su posterior revenido entre 500-600 °C.

Un tratamiento térmico realizado adecuadamente es decisivo para las propiedades mecánicas y funcionales de las herramientas y ahorro económico. Permitir cualquier tipo de irregularidades conduce a un desgaste más rápido, a una deformación o defecto de los elementos o, en casos extremos, al agrietamiento del material, lo que provoca notables pérdidas financieras. Mencionaremos la importancia de la calidad y las condiciones apropiadas de la materia prima.

Las dificultades para garantizar la calidad en las herramientas de gran tamaño (moldes y troqueles) han llevado a la creación de procesamientos están-

FABRICACIÓN SENSORES DE TEMPERATURA

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



LABORATORIO CALIBRACIÓN in situ

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

SCI Suministro y Calibracion Industrial s.l.

www.sciempresa.com

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

dar. Los más conocidos son los trabajos publicados por NADCA (North American Die Casting Association) [5] y los publicados por los líderes en la industria de automoción, Ford [6] y General Motors [7] entre otros. Estas normas se aplican principalmente al acero de grado H13 (WCLV) y sus modificaciones; guardan relación con el control de calidad para las materias primas, las directrices de control de los procesos HT y el estudio de los resultados.

Directrices HT para aceros de herramientas para trabajar en caliente acc. a NADCA

Según las directrices de NADCA, el proceso HT debe realizarse en un horno de vacío con enfriamiento de gas a alta presión, mientras se controlan la temperatura del núcleo y de la superficie de la pieza (la colocación de los termopares de carga está predeterminada).

El calentamiento hasta la temperatura de austenización se efectúa gradualmente para no permitir ninguna diferencia de temperatura significativa. La primera parada en el calentamiento se realiza a la temperatura de aprox. 650 °C y se mantiene hasta que la diferencia de temperatura entre el núcleo y la superficie sea inferior a 110 °C. La siguiente parada se realiza a 850 °C y se mantiene hasta que se igualan las temperaturas, sin que la diferencia exceda de 14 °C. Finalmente, se alcanza la temperatura de austenización de 1.030 °C y se mantiene durante 30 minutos hasta que se igualan las temperaturas (con una diferencia permisible por debajo de 14 °C) o como máximo durante 90 minutos desde que se alcanzan 1.030 °C en la superficie. Estas normas limitan las deformaciones térmicas y el crecimiento excesivo del grano de la austenita.

Los moldes se templan efectuando un enfriamiento a máxima velocidad hasta obtener una temperatura de 150 °C en el núcleo. La media del ratio de enfriamiento de la superficie para 540 °C debería ser de al menos 28 °C/min. En el caso de las matrices de gran tamaño (de secciones transversales por encima de 300 mm), cuando la temperatura del núcleo diverge más de 100 °C, se aplica un enfriamiento isotérmico a una temperatura de superficie de 400-450 °C. Este enfriamiento se detiene cuando se produce una de las siguientes condiciones:

- La diferencia de temperatura entre la superficie y el núcleo es de más de 100 °C.
- La temperatura en la superficie cae por debajo de 400 °C.
- Han transcurrido 30 minutos desde el inicio de la parada isotérmica.

El enfriamiento del temple continúa hasta obtener 50 °C en el núcleo, después del cual se inicia inmediatamente el revenido. Las cargas de trabajo no se deben enfriar por debajo de la temperatura de 33 °C. La velocidad de enfriamiento requerida es esencial debido al riesgo de emisión de carburos en los límites de grano, lo que resulta un deterioro de la resistencia al impacto. El enfriamiento isotérmico restringe la diferencia de temperatura de la superficie y el núcleo, y por tanto disminuye las tensiones y deformaciones, protege a la pieza contra el agrietamiento y evita la creación de una estructura perlítica.

El primer revenido se realiza a una temperatura mínima de 565 °C por un tiempo en función de la

Fig. 1. Horno de vacío horizontal modelo 15.0 VPT (SECO/WARWICK).

sección transversal de la herramienta (1 h/25 mm), pero no menos que 2 horas. A esto le sigue un enfriamiento a temperatura ambiente y un segundo revenido a una temperatura no inferior a 550 °C.

El tercer revenido no es necesario y se aplica solamente para corregir la dureza final. El proceso de revenido reduce las tensiones internas, asegura la estabilidad dimensional y la estructura adecuada, así como la dureza requerida, normalmente dentro del intervalo de 42-52 HRC.

Horno de vacío con enfriamiento a gas

Los requisitos establecidos por NADCA para el tratamiento térmico de moldes y matrices, se hacen factibles en un horno de vacío de una cámara con enfriamiento a gas inerte a alta presión (tipo HPGQ) [8-13] .

La empresa SECO / WARWICK ha desarrollado un tipo de series de hornos 15,0 VPT dedicados especialmente al tratamiento térmico de aceros para herramientas. Estos hornos satisfacen los requisitos más exigentes establecidos por los fabricantes de herramientas y se entregan a clientes en todo el mundo (Europa, EE.UU., México, Brasil, China, India e incluso Australia). Hay disponibles varios hornos con distintos volúmenes de la zona útil, empezando desde 400/400/600 hasta 600/600/900, 900/800/1.200, 1.200/1.200/1.800 mm y más grandes, de carga horizontal o vertical (Fig. 1).

Los hornos cuentan con un diseño compacto y al no emitir contaminantes u otros agentes nocivos, se ubican en espacios de trabajo limpios. Están equipados con una cámara de calentamiento de grafito, la cual permite alcanzar temperaturas hasta 1.300 °C con una uniformidad de ≤ + / - 5 ° C. Esto se consigue colocando las resistencias circunferencialmente y calentando por radiación en vacío y gas inerte (convección, sistema ConFlap), lo que asegura un calentamiento eficaz y uniforme también a bajas temperaturas. El horno enfría con gas inerte a alta presión (15 atm) forzado por un blower en un circuito cerrado.

El gas de enfriamiento se direcciona a través de u-

nas boquillas colocadas circunferencialmente, directamente sobre la carga de trabajo donde se recoge el calor y pasa al intercambiador de calor interno. El sistema de refrigeración proporciona al temple isotérmico un control de la intensidad de enfriamiento con la capacidad del blower y la presión del gas (Fig. 2). La eficacia del enfriamiento a gas en hornos 15,0 VPT se obtuvo mediante ensayos en un bloque de acero de referencia de 400/400/400 mm (Fig. 3.), donde se lograron velocidades de 40 a 80 °C/min (cf. requerido por NADCA – 28 °C/min y GM – 39 °C/min).

Un horno de vacío permite llevar a cabo todo el tratamiento en una sola unidad, sin transferencia de carga de trabajo, y en un único ciclo de trabajo que contiene las siguientes etapas: calefacción para la austenización, temple isotérmico, doble revenido y también nitruración. El proceso puede ser controlado a través de los termopares de carga colocados en un punto determinado de la matriz. Mediante el tratamiento en vacío y gases inertes conseguimos una superficie limpia e ideal en las piezas tratadas (Fig. 4).

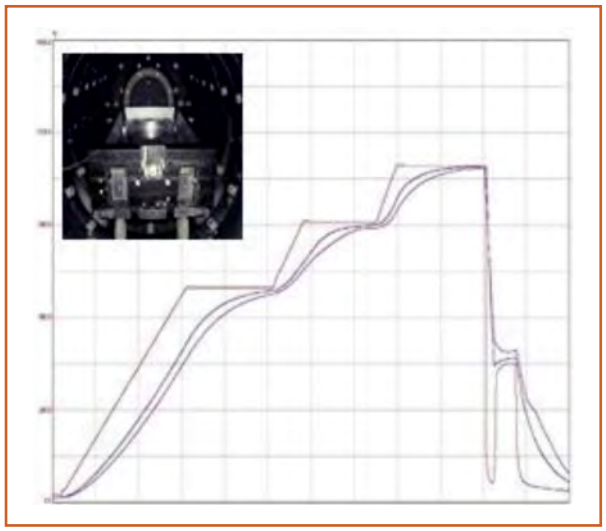


Fig.2. Austenización y temple con parada isotérmica, control de la temperatura del horno y control de la temperatura de la superficie y del núcleo de la matriz.

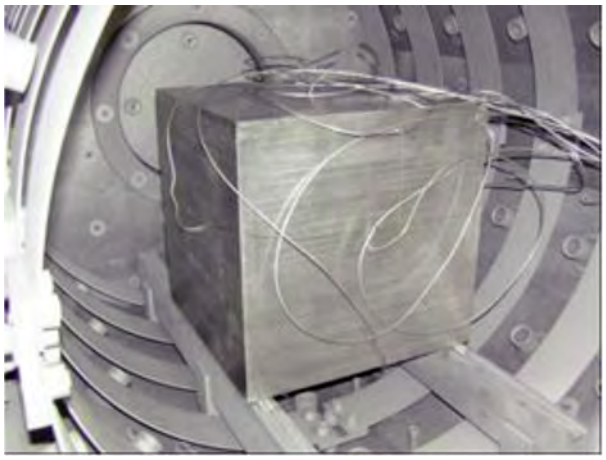


Fig.3. Prueba de la velocidad de enfriamiento para NADCA en un bloque de acero de referencia de 400/400/400 mm.

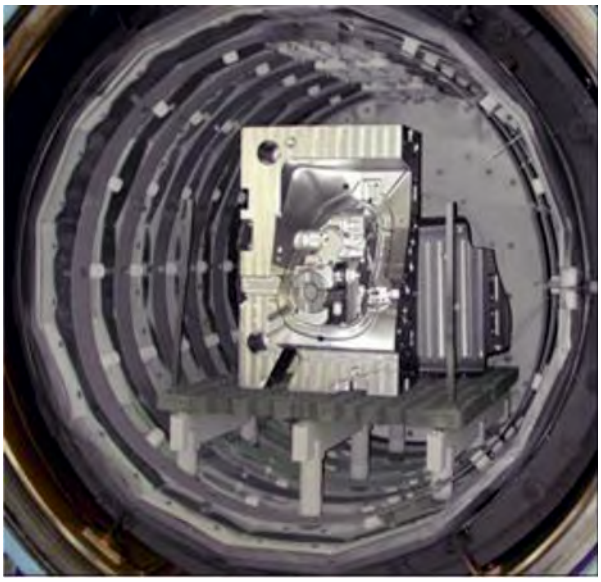


Fig.4. Una matriz en la cámara de un horno de vacío tras un tratamiento térmico complejo.

Simulador de temple para aceros de herramientas

La determinación de las interdependencias entre la estructura, procesos tecnológicos y las propiedades funcionales, es de importancia clave para una óptima fabricación de herramientas. Esto es así porque la selección de un material apropiado en combinación con una tecnología apropiada, asegura la más larga durabilidad del producto al menor coste.

El acelerado avance de la civilización ha iniciado un aumento de las expectativas del consumidor, relativo a la calidad y durabilidad del producto, junto con la reducción de emisiones peligrosas y el ahorro energético. Esto a su vez, ha provocado una serie de cambios en el enfoque de fabricación.

Hoy en día, el método tradicional para llegar a las propiedades óptimas del producto y a los parámetros tecnológicos por ensayo y error, se sustituye generalmente con métodos de simulación y pre-

dicción, que permiten que el producto y su tecnología sean diseñados por ordenador. En numerosos casos un ordenador se encarga del control de la producción; la creciente popularidad de esta solución es visible en la expansión del mercado de equipos digitales. El tratamiento térmico también ha sido testigo de un gran interés en las aplicaciones para el modelado y la simulación de procesos. Esto se refiere al proceso tecnológico mismo, así como a las propiedades finales de los elementos tratados [14-19].

El uso de un software de simulación general considera sólo los parámetros estándar para un tratamiento dado, lo que lleva a un resultado final erróneo. Un método para aumentar la precisión de los cálculos es tener en cuenta los parámetros del entorno en el que se realiza un proceso, en este caso las características individuales de un horno de temple, como es el caso del simulador Pro G-Quench. Puede que las propiedades individuales de una máquina que ejecuta una aplicación en un equipo determinado no sirvan para los demás. Sin embargo, la adecuada parametrización de la configuración permite retener la versatilidad del software, de tal modo que se pueda utilizar en diversas unidades del equipo. A pesar de lo anterior, esta solución raramente se puede encontrar en la práctica industrial.

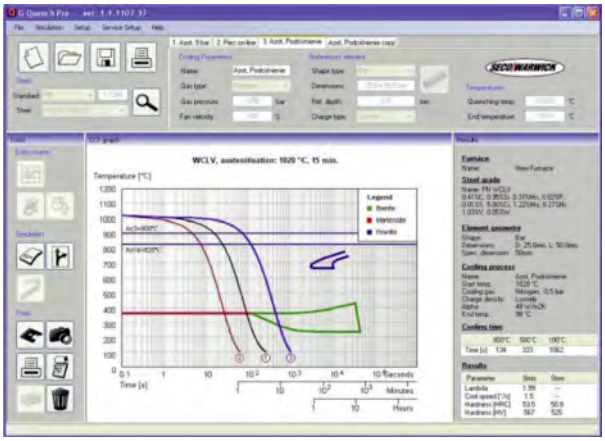


Fig. 5. Vista general de un software para la simulación y el control del proceso de templado de acero para herramientas.

El software Pro G-Quench (Fig. 5) se aplica para simular y controlar el temple de los aceros para herramientas en gas, reduciendo así la necesidad de ciclos de prueba.

Los principios matemáticos del proceso de enfriamiento y la dependencia de la dureza del material con el tiempo de enfriamiento, se han desarrollado sobre la base de la investigación llevada a cabo en la Universidad de Tecnología de Łód, Polonia, la compañía SECO / WARWICK.

Un resultado directo de la simulación es la determinación de una curva de enfriamiento para un material dado en unas condiciones dadas. La curva de enfriamiento se determina basándose en los parámetros del material, del proceso y de la pieza a tratar, tales como la temperatura de temple, la presión y el tipo de gas de refrigeración, las dimensiones y la curvatura de la pieza de trabajo y la densidad de las piezas en la cámara de enfriamiento. Combinando con un diagrama de fase individual para el material, la curva nos proporciona información acerca de las fases en las que se encuentra el acero durante el tratamiento. El efecto final de la simulación es la determinación de la velocidad de enfriamiento y la determinada dureza final del material.

Como se mencionó anteriormente, los parámetros individuales de una unidad de temple determinan en gran medida el proceso real y, como consecuencia, los mismos parámetros de preajuste en dos unidades diferentes pueden dar como resultado un acero templado de manera diferente. Por lo tanto, en la fase de instalación el software está configurado para una pieza particular de un equipo asignado al mismo. De esta manera las características individuales de un horno también se toman en consideración a la hora de definir las propiedades finales del producto.

Control del proceso de temple

El control del proceso de temple es un elemento esencial del ciclo de fabricación. Aunque es un procedimiento cíclico y se produce en cada etapa de la producción (diseño, proceso, análisis del producto final), en la última etapa es excepcionalmente importante ya que ofrece la posibilidad de intervenir y cambiar los parámetros de temple. Analizando el producto final sólo podemos tener el conocimiento de un tratamiento defectuoso, al finalizar el tratamiento. Por otro lado, el control del proceso de temple en tiempo real, proporciona la posibilidad de una intervención inmediata del operador, en el caso de que se encuentre cualquier irregularidad en el progreso del tratamiento.

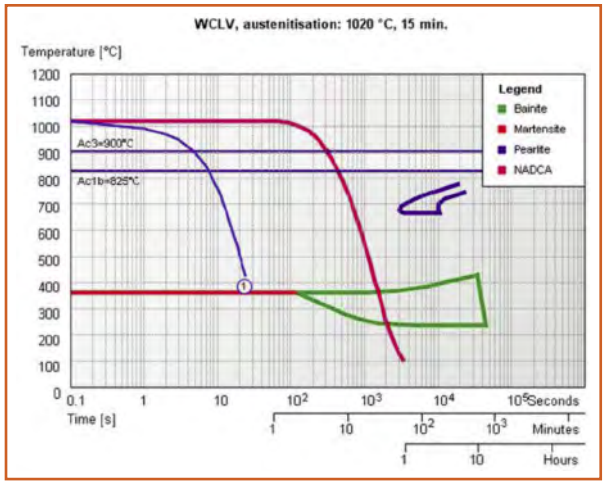


Fig. 6. Control del progreso adecuado del proceso de temple en tiempo real con el software Pro G-Quench.

En el modo pantalla, el software requiere una conexión remota o directa con la unidad de temple. Cooperando con el ordenador del horno, descarga la información sobre la temperatura en la cámara o en la pieza templada y después dibuja la lectura en una gráfica. La curva de proceso en tiempo real se dibuja encima de la curva de enfriamiento determinada por el simulador (Fig. 6). De esta manera el proceso de temple se somete a una verificación actual.

Resumen

Los aceros para herramientas son un material básico para la formación de todo tipo de materiales y para la fabricación de herramientas. Un proceso de enfriamiento bien diseñado y controlado es de gran importancia para el efecto final del tratamiento térmico, el cual se basa en la durabilidad y en la idoneidad del servicio del elemento tratado. Los equipos de tratamiento térmico y las nuevas tecnologías facilitan el tratamiento térmico masivo y eficaz de los aceros para herramientas, mientras que los simuladores del proceso de temple optimizan el tiempo y los resultados del proceso.

Bibliografía

[1] M. Korecki, J. Olejnik, R. Gorockiewicz: Rozwój pieców HPQ na przykładzie aplikacji naw glania pró niowego FineCarb, obróbki cieplnej stali HSLA oraz nowoczesnej obróbki cieplnej narz dzi. XI Seminarium Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej. Bukowy Dworek 2007.

[2] M. Korecki, J Olejnik, Z. Szczerba, M. Bazel: Jednokomorowy piec pró niowy HPGQ z efektywno ci hartowania porównywaln z olejem. IV Konferencja Naukowa Nowoczesne Technologie w In ynierii Powierzchni. Spała 2010.

[3] E. Wołowiec, L. Małdzi ski, M. Korecki: Komputerowe narz dzia wspieraj ce obróbk ciepln i cieplno-chemiczn . Piece Przemysłowe & Kotły XI/XII 2011, 8-14.

[4] E. Wołowiec, P. Kula, M. Korecki, J. Olejnik: Simulation and Control of Tool Steel Quenching Process. 25th European Conference on Modeling and Simulation. Kraków 2011, 357-361.

[5] Nord American Die Casting Association: Special Quality die steel & heat treatment acceptance criteria for die casting dies. Vacuum heat treatment, 2008.

[6] FORD Motor Company, Advanced Manufacturing Develop-

ment - DC2010: Die insert material and heat treatment performance requirements, 2005.

[7] GM Powertrain Group DC-9999: Die insert material and heat treating specification, 2005.

[8] J. Olejnik: Vacuum furnaces with high pressure charge cooling. Metallurgy 3/2002.

[9] M. Korecki: Technical and Technological Properties of Gas Cooling in High Pressure Chamber. IX Seminarium Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej. Bukowy Dworek 2005.

[10] J. Kowalewski, M. Korecki, J. Olejnik: Next Generation HPQ Vacuum Furnace. Heat Treating Progress 8 2008.

[11] M. Korecki, J. Olejnik, Z. Szczerba, M. Bazel: Single-Chamber 25 bar HPGQ Vacuum Furnace with Quenching Efficiency Comparable to Oil. Industrial Heating 9 2009, 73-77.

[12] M. Korecki, J. Olejnik, Z. Szczerba, M. Bazel, R. Atraszkiewicz: Piec pró niowy Seco/Warwick typ 25VPT z hartowaniem w azocie i helu pod ci nieniem 25 bar i jego nowe mo liwo ci technologiczne. XIII Seminarium Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej. Bukowy Dworek 2010.

[13] M. Korecki, P. Kula, J. Olejnik: New Capabilities in HPGQ Vacuum Furnaces. Industrial Heating 3 2011.

[14] L.A. Dobrza ski, J. Madejski, W. Malina, W. Sitek: The prototype of an expert system for the selection of high-speed steels for cutting tools. Journal of Materials Processing Technology 56/1-4 1996, 873-881.

[15] L.A. Dobrza ski, J. Trzaska: Application of neural network for the prediction of continous cooling transformation diagrams. Computational Materials Science 30/3-4 2004, 251-259.

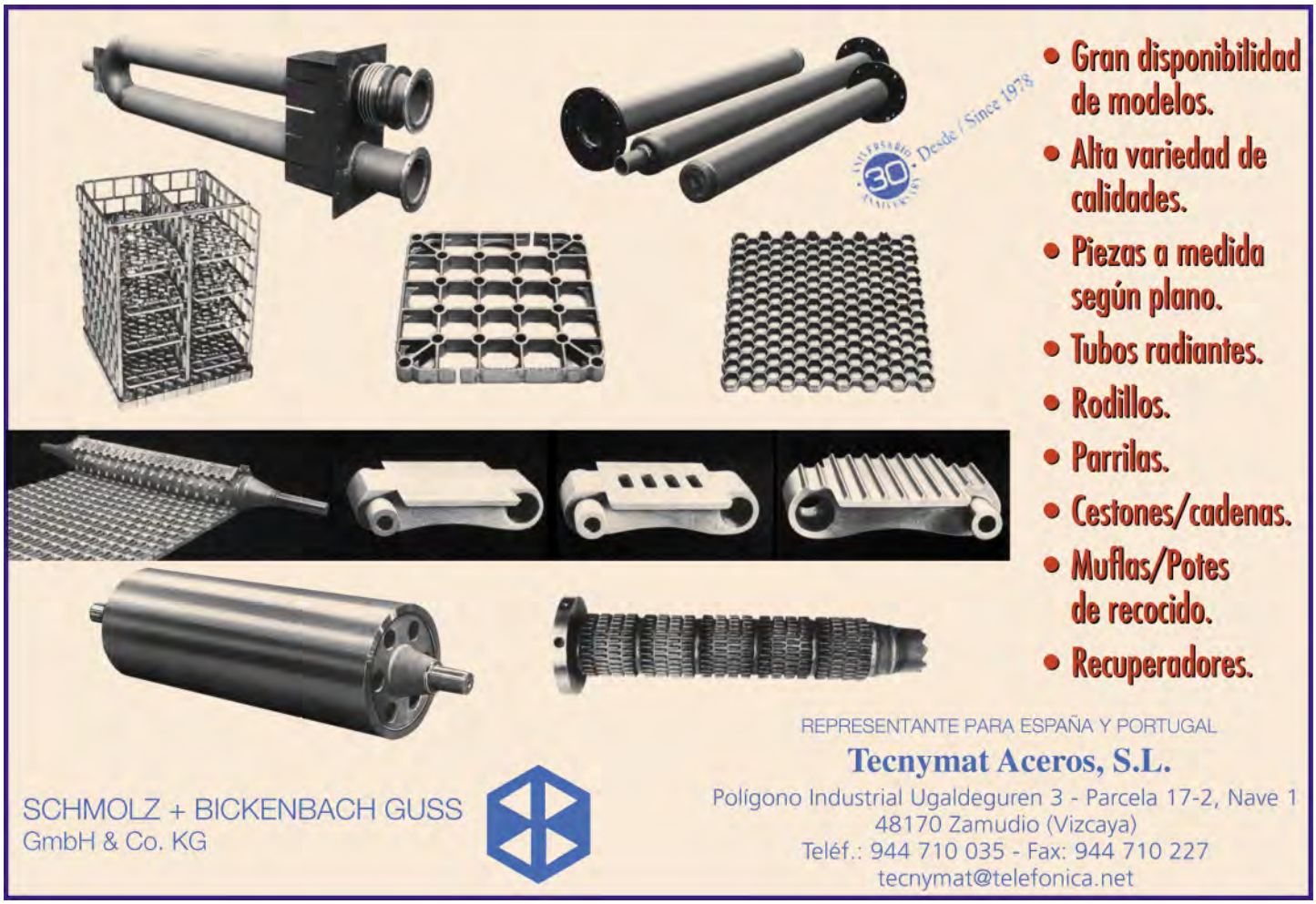
[16] P. Kula, R. Atraszkiewicz, E. Wołowiec: Modern gas quenching chambers supported by SimVac Plus hardness application. AMT Heat Treatment, Detroit 2007.

[17] P. Kula, M. Korecki, R. Pietrasik et al.: FineCarb - the Flexible System for Low-pressure Carburizing. New Options and Performance. The Japan Society for Heat Treatment 49 2009, 133-136.

[18] W. Sitek: Methodology of high-speed steels design using the artificial intelligence tools. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 39/2 2010, 115-160.

[19] E. Wołowiec, L. Małdzi ski, M. Korecki: Nowe inteligentne programy wspieraj ce produkty Seco/Warwick. XIV Seminarium Nowoczesne trendy w obróbce cieplnej. Bukowy Dworek 2011, 71-80.

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



Se consolida la mejora de la economía española

Por Confemetal

La economía española generó un Producto Interior Bruto (PIB) en el año 2014 superior en un 1,4 por ciento al registrado el año anterior, período en el que había retrocedido un 1,2 por ciento anual, con lo que se consolida la recuperación económica de nuestro país, gracias al avance del consumo de los hogares y al despegue de la inversión, sobre todo de la inversión en bienes de equipo. A lo largo de 2014, la trayectoria trimestral de la generación del PIB mantiene un notable impulso desde el primer al último trimestre, constatándose una progresiva mejora en las tasas de variación del PIB que, aunque mantenía el tono negativo, ya se inició en el año 2013.

Además, las previsiones de los principales organismos internacionales apuntan a que España seguirá impulsando su avance económico en 2015 y 2016. El Fondo Monetario Internacional muestra un aumento del PIB del 2,0 por ciento este año y del 1,8 por ciento el próximo. La más alentadora, la de la Comisión Europea, con un 2,3 por ciento para este año y del 2,5 por ciento el próximo. Asimismo, en comparación a los países de nuestro entorno, nuestro crecimiento económico quedará por encima de la media de la eurozona y del conjunto de la Unión Europea, 1,3 por ciento y 1,7 por ciento respectivamente para el año 2015. Alemania crecerá menos que España, el 1,5 por ciento en 2015 y del 2 por ciento en 2016, mientras que en Francia será del 1,0 por ciento y del 1,8 por ciento respectivamente, y en Italia del 0,6 por ciento y 1,3 por ciento.

Con respecto al mercado laboral y, según la según la Encuesta de Población Activa, se alcanzó la cifra de 5.457.700 parados en el cuarto trimestre de 2014, significativamente inferior a la de los trimestres precedentes (-8,1 por ciento en comparación al cuarto trimestre de 2013) pero aún muy elevada con respecto a hace siete u ocho años. La tasa de paro alcanzó el 23,7 por ciento de la población activa en el citado período, dos puntos menos que un año antes e inferior a la de los trimestres precedentes, mientras que el empleo, medido por el número de ocupados, aumentó un 2,5 por ciento en el último trimestre de 2014, creándose 433.900 empleos con respecto al mismo trimestre del año anterior.

Por su parte, el número de afiliados a la Seguridad Social finalizó el año con 16,55 millones de personas de media anual, superando en un 1,6 % a los afiliados del año anterior y con tasas crecientes y positivas a lo largo de todos los meses del ejercicio, constatándose que la mala situación del mercado laboral se está frenando. Del mismo modo, los contratos registrados en el SPEE han terminado con crecimiento positivo por segundo año consecutivo, un 13,1 por ciento de media anual, y el paro registrado se redujo a lo largo del año hasta quedar en un -5,6 por ciento de media anual, con un total de 4.447.700 personas desempleadas en el mes de diciembre.

En materia de precios, el índice de Precios de Consumo de diciembre de 2014 anotó una tasa de variación interanual negativa del -1,0 por ciento, la sexta consecutiva, principalmente como consecuencia de la caída del precio del petróleo que ha repercutido en los precios de los combustibles y carburantes. El barril de petróleo de Brent se cotizaba en el cuarto trimestre de 2014 a 76,4 dólares por barril, habiendo bajado de los cien dólares en el mes de septiembre. El último dato de febrero de 2015 sitúa el precio del barril de petróleo Brent en 58 dólares por barril.

Según los datos de la Balanza de Pagos, en el año 2014 la economía española generó una capacidad de

financiación frente al resto del mundo de 5.614 millones de euros, muy inferior a la generada en 2013, que ascendió a 21.965 millones. Esta menor capacidad, aunque positiva, fue el reflejo del superávit del saldo de bienes y servicios, y el empeoramiento del saldo de rentas primarias y secundarias. La capacidad de financiación de España llegó en 2014 al 0,5 por ciento del PIB (2,1 por ciento en 2013).

La reducción del déficit público ha seguido siendo uno de los objetivos principales del Gobierno que, según constató la Comisión Europea, cumplió el objetivo de déficit en 2014, el 5,6 por ciento del PIB, y prevé que vaya reduciéndose hasta el -4,5 por ciento y el -3,7 por ciento en los próximos dos años. En cuanto a la deuda pública, según una primera estimación del Banco de España, se elevó en 2014 hasta el 97,68 por ciento del PIB, con lo que se habría cumplido del objetivo previsto por el Ejecutivo, mientras que la previsión de la Comisión Europea sitúa la deuda pública española en el 98,3 por ciento en 2014, el 101,5 por ciento en 2015 y el 102,5 por ciento en 2016.

En este contexto de la economía nacional, el Sector del Metal en 2014 ha experimentado una situación de mejora con respecto al año anterior, aunque las expectativas generadas a principios del año no se materializaron y durante la segunda parte del año la actividad avanzó más lentamente.

En el año 2015, siguiendo las previsiones de crecimiento de demanda interna -consumo e inversión- y de comercio exterior, parece que mejorará la tendencia de 2014, con una evolución más favorable a lo largo del ejercicio que también mejorará poco a poco el mercado laboral del sector.

La producción industrial del Metal en el año 2014 creció un 1,8 por ciento de media anual, tras el -0,8 por ciento de 2013 y del -10 por ciento de 2012. A lo largo del año se mostraron importantes aumentos de la producción, 5,8 por ciento en el primer trimestre, para pasar a un exiguo 0,1 por ciento en el segundo, un poco mejor en el tercero (0,7 por ciento) y un 0,5 por ciento en el cuarto trimestre. Con ello, el buen resultado de principios de año ha elevado la

© appeal 104 503

Una flexibilidad que renta

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

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

¡Póngase en contacto con nosotros para más información!

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

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

media anual que hubiera sido, sin este dato, bastante flojo en términos generales.

Sin embargo, la cifra de negocios de la Industria del Metal, que mide la demanda actual, tuvo en 2014 un comportamiento más favorable a partir del segundo trimestre, empezando el ejercicio con un crecimiento del 1,1 por ciento en el primer trimestre para pasar a un 4 por ciento en el segundo, un 3,9 por ciento en el tercero y un 4,1 por ciento en el cuarto, con lo que en media anual, la cifra de negocios del Metal registró un aumento del 3,3 por ciento, frente a la caída del 1,8 por ciento del año 2013.

Las entradas de pedidos de la Industria del Metal, que miden la demanda futura, mostraron una evolución trimestral más irregular, con un tercer trimestre en negativo pero con aumentos en los restantes. Así, en el primer trimestre los pedidos aumentaron un 6,6 por ciento y un 4,3 por ciento en el segundo, mientras que descendió un 0,7 por ciento en el tercero y volvió a remontar en el cuarto trimestre con un 6,7 por ciento. En el global del año, los pedidos del Metal alcanzan una tasa de crecimiento del 4,3 por ciento, en comparación a los pedidos del año anterior, lo que augura, sobre todo por el aumento del último trimestre del año, que continuará viva la actividad productiva del Metal, sobre todo lo referente a la industria de bienes de equipo y de automoción, y con ella a todas las industrias colaterales.

Con respecto al comercio exterior del sector del Metal, las exportaciones fueron el soporte de la actividad productiva sobre todo en la segunda mitad del ejercicio, con aumentos trimestrales del 4,7 por ciento en el tercer y del 5,4 por ciento en el cuarto trimestre, frente a unos avances menos vigorosos de la primer trimestre, el 0,5 por ciento, y la caída del segundo trimestre, el-l ,2 %, en comparación a los mismos trimestres del año anterior. En el global del año, las exportaciones tuvieron un crecimiento del 2,3 por ciento, gracias al impulso observado durante los dos últimos trimestres.

Las importaciones del Metal, por su parte, mantuvieron a lo largo de todo el año importantes crecimientos trimestrales, constatando el repunte de la demanda interna. Así, en el primer trimestre anotaron una tasa de variación del 14,8 por ciento, del 12,2 por ciento en el segundo, el 10,6 por ciento en el tercero y del 10,1 por ciento en el cuarto, finalizando el año con un incremento del 11,9 por ciento en comparación a las importaciones realizadas en el año 2013.

Con respecto al saldo comercial del Sector del Metal, a pesar del avance de las importaciones que fue en compensado con el de las exportaciones, han permitido que se mantenga todavía un superávit comercial que asciende en el global del año a 3.506 millones de euros, pero lejos del superávit logrado en 2013, que fue de 11.553 millones de euros, lo que supone un descenso del 69,7 por ciento, tendencia que continuará previsiblemente en 2015 debido al repunte de la demanda interna que seguirá tirando de las importaciones.

Por último, el empleo en la Industria del Metal cerró el año 2014 con menor pérdida de puestos de trabajo que la producida en 2013. Los datos de la Encuesta de Población Activa (EPA) indican que el número de ocupados alcanzó los 869.025 personas de media anual, frente a los 879.450 de 2013, lo que supone una caída del -1,2 por ciento. Sin embargo, cabe destacar que en los dos últimos trimestres, tercero y cuarto, se anotaron tasas de variación positivas, leves pero positivas, en concreto del 0,3 y el 0,5 por ciento respectivamente. Además, el número de parados de la Industria del Metal se redujo hasta las 74.100 personas de media anual, lo que supone una caída del 15,7 por ciento en comparación a los 87.950 desempleados del año 2013. La tasa de paro en 2014 bajó hasta el 7,9 por ciento de la población activa, tras el 9,1 por ciento registrado en 2013.

En cuanto a los datos de la Seguridad Social, el número de afiliados a la Seguridad Social fue de 661.929 personas en el mes de diciembre, con un aumento del 0,2 por ciento interanual, el octavo mes que se registra tasa de variación positiva consecutiva. En el global del año 2014 se alcanza una media de 664.574 afiliados, un 0,1 % más que los afiliados de 2013 y que además supone la primera tasa positiva anual desde 2008.

En definitiva, se constata que el balance de la economía española, y también el del Sector del Metal, ha mejorado con respecto a hace doce meses y, aunque la situación es todavía complicada, se ha avanzado notablemente desde el punto de inflexión iniciado el pasado ejercicio. Sin embargo, entramos en una fase de crecimiento económico en la que no se debe bajar la guardia, porque cualquier incidencia, ya sea fuera o dentro de nuestras fronteras, puede truncar la marcha de nuestra economía, que cuenta además con unas buenas previsiones tanto para este año como para el próximo. Estamos en año de elecciones, con posibles e importante cambios en el panorama político y social de nuestro país. Esperemos que estos cambios no sean perjudiciales para nuestra economía, sino todo lo contrario, que se continúe avanzando con las reformas pendientes y que siga impulsándose el crecimiento.

Oxford Instruments ha introducido recientemente el PMI-MASTER Smart, el primer espectrómetro de emisión óptica (arco/chispa) para análisis de metales verdaderamente portátil

Gracias a su peso y tamaño reducidos, el PMI-MASTER Smart puede ser transportado fácilmente para realizar análisis independientes, especialmente en lugares de difícil acceso. A pesar de sus dimensiones compactas, ofrece un análisis de alto rendimiento incluso para elementos como N, C, P, S, Sn, As y B, no comunes para esta clase de instrumentos pequeños.

La batería recargable proporciona potencia suficiente para aproximadamente 10 h en standby, 450 mediciones en modo chispa y 900 mediciones en modo arco, dependiendo de las condiciones de medición. El PMI-MASTER Smart puede funcionar usando una fuente de alimentación externa /cargador, con o sin batería e incluso cuando ésta se está recargando.

Se incluye una base de datos de grados, instalada en todos nuestros espectrómetros de emisión óptica. Con más de 4 millones de registros para más de 200.000 grados de metales, es la base de datos más grande para identificaciones rápidas y sencillas de grados.

Está preparado para empezar a trabajar inmediatamente, sin necesidad de pre-calentamiento. El sistema óptico se reajusta completamente de forma automática. Ofrece resultados de medición estables incluso en movimiento y bajo cambios de temperatura, gracias a la óptica pendiente de patente.

Tiene cuatro opciones de transporte. El analizador pesa sólo 15 kg por lo que puede llevarse fácilmente al lugar del análisis, además, el pack mochila de Aluminio permite cargar el PMI-MASTER Smart de forma segura y confortable en la espalda. Disponemos de estuches robustos para el PMI-MASTER Smart y sus accesorios que caben en el maletero de un coche estándar, pueden enviarse por avión o por transportista convencional. Puede también llevarse fácilmente en un carrito plegable.

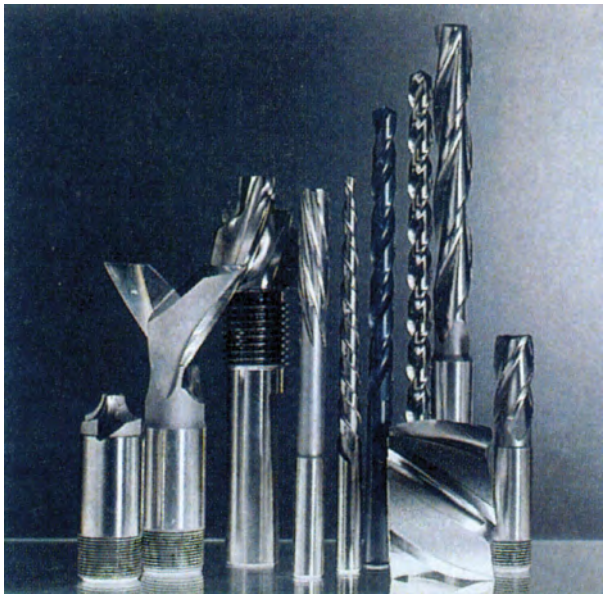
Algunas consideraciones sobre los aceros rápidos pulvimetalúrgicos y su tratamiento térmico (Parte I)

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

1. Introducción

Los aceros rápidos pulvimetalúrgicos, (**PM**) se caracterizan por una elevada tenacidad y una buena aptitud al rectificado; gozan también de una muy aceptable estabilidad dimensional después del tratamiento térmico de temple + revenido. La resistencia al desgaste no es mayor frente a la de los clásicos aceros rápidos de fabricación convencional, de igual composición. No obstante, su más alta tenacidad permite una dureza mayor de uso, o bien la utilización de aceros pulvimetalúrgicos (**PM**) de más alta aleación.

El principio de fabricación de acero rápido por **pulvimetalurgia** consiste en la fusión del material en horno de inducción, seguido de un afino del acero líquido en vacío. Una vez conseguida la composición óptima del material, el líquido es inyectado directamente a través de un atomizador y se dispersa en finísimas gotas microscópicas bajo un poderoso chorro de nitrógeno. Después de la cuasi instantánea solidificación de dichas gotas de acero en la atmósfera de nitrógeno, el polvo metálico es encapsulado y sometido a una uniforme compactación isostática a alta temperatura; obteniéndose así un lingote listo para ser forjado o laminado en caliente, en forma normalmente de barras de distintos perfiles y formatos; **figura 1**. Técnica ésta de fabricación que se justifica plenamente, ya que permite:



- Obtener aceros rápidos y aceros de herramientas en general con una cierta complejidad de aleoelementos en su composición, imposible de alcanzar por otros procedimientos más o menos convencionales: Horno-Cuchara-Vacío [**HCV**] y de Refusión bajo escoria electroconductora [**ESR**].
- Aumentar el contenido de la fase de carburos a valores extraordinariamente altos.
- Distribución perfecta y uniformemente dicha fase, evitando segregaciones perjudiciales.
- Mejorar las propiedades de corte y con ello el rendimiento de la herramienta correspondiente.

La fabricación de aceros rápidos pulvimetalúrgicos (**PM**), sin segregación de carburos e inclusiones y con una regular isotropía que armoniza con una al-

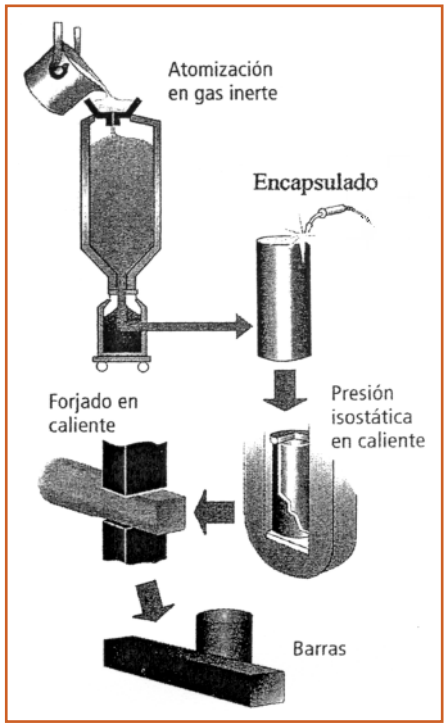


***Figura 1**. Representación esquemática del principio de fabricación de los aceros rápidos por **PULVIMETALURGIA**.*

ta dureza y una muy aceptable tenacidad, exige la utilización de técnicas especiales de elaboración y tratamiento: fusión y afino del metal líquido, colada, forja y conformación en caliente, así como de unos tratamientos térmicos ciertamente cuidadosos.

Los aceros rápidos pulvimetalúrgicos ofrecen la solución a los problemas de segregación de carburos que tan desfavorablemente influye en la fabricación y en la utilización de las herramientas. Presentan igualmente una mejor tenacidad y mayor aptitud al rectificado, frente a los clásicos aceros rápidos de composición estándar fabricados por procesos convencionales y de igual composición. Esto permite un incremento de la vida útil de las herramientas, un mayor rendimiento, ahorro del coste de producción y aumento de la competitividad; **figura 2**.

La tenacidad es un requisito esencial en toda herramienta, ya que ésta tiene que soportar los intensos esfuerzos a los que normalmente está sometida en servicio; y esto sin que se produzca fractura, ni tampoco desconchado y/o mellado del filo de la herramienta en cuestión. En la **figura 3** se indica la tenacidad medida por ensayo de impacto del acero **PM 6-5-3**; comparada con la obtenida en dos aceros de herramientas para trabajos en frío y un tercer acero rápido: aceros éstos de fabricación convencional.

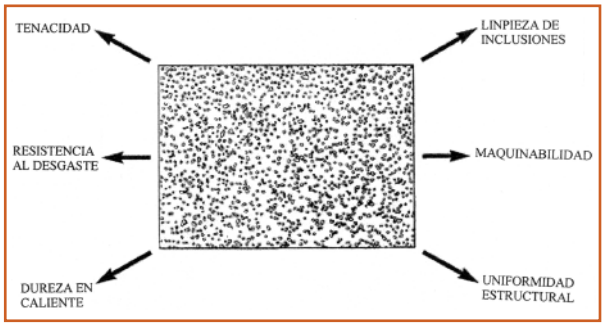


***Figura 2**. Típica microestructura de un acero rápido pulvimetalúrgico [**PM**]. El tamaño de grano fino y la distribución de carburos, optimiza las principales características de un acero para herramientas: tenacidad, resistencia al desgaste, dureza en caliente, etc, que permiten el aumento de la vida útil de las herramientas en general.*

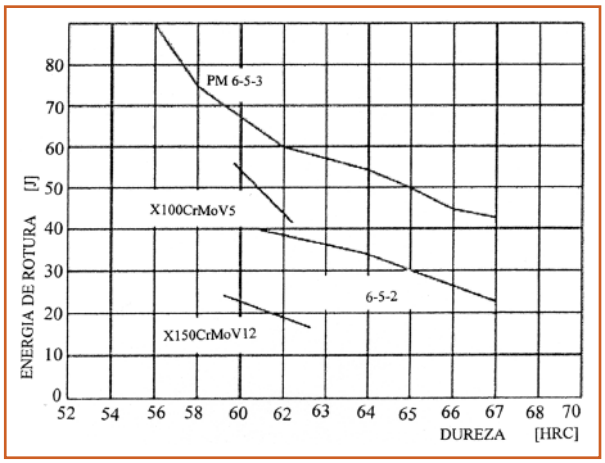


***Figura 3**. Resistencia al impacto del acero rápido **PM 6-5-3** frente a dos aceros de herramientas para trabajos –X100CrMoV5/X150CrMoV12– y a un acero rápido 6-5-2 de fabricación convencional. Probeta [7 x 10 x 55 mm] no entallada, templada y revenida.*

La mínima presencia de óxidos y sulfuros en los aceros pulvimetalúrgicos, frente al resto de aceros de herramientas obtenidos por otros métodos de fabricación más o menos convencionales, da como resultado un altísimo grado de limpieza inclusionaria y una mayor aptitud de pulido. Al mismo tiempo que se alcanza una perfecta homogeneidad másica, independientemente de la dimensión original del lingote de partida.

Los aceros rápidos **PM**, reiteramos, son aceros para herramientas altamente aleados, con presencia de una masa matricial ferrítica, en la cual se encuentran aleatoriamente repartidos carburos complejos y uniformes de cromo, volframio, molibdeno y vanadio. Estructura que mantiene cons-

tante una alta dureza en frio y en caliente, –"*dureza al rojo*"– así como una buena resistencia al desgaste, junto también a una muy alta resistencia a la compresión; **figura 4**. Todas estas características se aplican especialmente en la fabricación de: (1) cuchillas, fresas, brochas, etc, para el mecanizado por arranque de viruta de metales; (2) herramientas de corte y embutición de chapa en frío de alta precisión, punzones y matrices para tornillería; (3) moldes de inyección de plásticos donde el grado de pulido, resistencia a la corrosión, resistencia mecánica y tenacidad, tengan que ser excepcionales; y (4) herramientas especiales para trabajos en caliente.

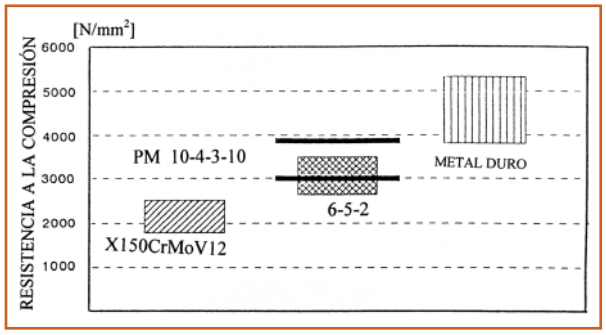


***Figura 4**. Resistencia a la compresión del acero rápido* **PM 10-4-3-10** *en comparación con los aceros de herramientas para trabajos X150CrMoV12, acero rápido convencional* **6-5-2** *y metal duro.*

Este grupo de aceros, que llamamos "aceros de nueva generación", –*la mayoría son aceros rápidos, algunos pocos aceros para trabajo en frío, otros tantos en caliente de composición estándar y otros de composición especial*– se utiliza también en la fabricación, reiteramos, de matrices y moldes muy críticos; se encuentra ya desde bastantes años en nuestro mercado*...

Resumiendo: gracias al cambio radical de las condiciones de solidificación, la **pulvimetalurgia** permite obtener aceros rápidos con una estructura fina y homogénea. La fineza estructural de los aceros rápidos pulvimetalúrgicos viene acompañada por una mejora de las propiedades siguientes:

- ***Deformaciones mínimas en el tratamiento térmico***. Más homogéneas y reproducibles.

- ***Aptitud al rectificado***. La estructura con carburos muy finos y uniformes incide favorablemente sobre el rectificado, sobre todo, en aquellas aleaciones ricas en carbono (**C**) y vanadio (**V**) [factor de mejora multiplicado por 5 frente al acero rápido convencional **5-6-3**: **p.ej.**].

- ***Tenacidad***. Los niveles de resiliencia de este grupo de aceros rápidos son aceptablemente buenos, salvo en la aleación **PM 9-5-6-11** con carbono muy alto (**C** = 2,30%). La tenacidad es más elevada cuando la temperatura de austenización, en el temple, es la más baja dentro de la tolerancia admitida de austenización. A título indicativo: a durezas iguales los aceros rápidos pulvimetalúrgicos presentan una resiliencia muy superior a la de los clásicos aceros de herramientas con 12 por 100 de cromo (**Cr** = 12%).

- ***Uniformidad de corte***. Los aceros rápidos pulvimetalúrgicos permiten una uniformidad constante de corte, sobre todo, cuando hay choque en el mecanizado: mecanizado discontinuo. En el corte continuo, es decir sin choque, su rendimiento es muy similar al de los aceros rápidos convencionales de igual composición.

- ***Resistencia al desgaste***. La resistencia al desgaste de los aceros pulvimetalúrgicos frente a la de los aceros rápidos convencionales de igual composición e igual dureza martensítica, es relativamente inferior. Esto es debido fundamentalmente a los carburos presentes en sus estructuras o masas matriciales martensíticas: (1) acero rápido convencional con carburos más gruesos e irregulares → mayor resistencia al desgaste; (2) acero rápido pulvimetalúrgico con carburos muy finos y uniformes → menor resistencia al desgaste.

En la práctica industrial, los rendimientos que alcanzan las herramientas fabricadas con aceros rápidos pulvimetalúrgicos, según el empleo y aleación, muestran un índice de mejora que se estima está comprendido entre el 30 y el 80%, en comparación con los aceros rápidos convencionales.

En el sector de mecanizado, los aceros rápidos pulvimetalúrgicos su valía se justifica por el alto ren-

* Hasta ahora el relativamente pobre rendimiento de las instalaciones pulvimetalúrgicas (**PM**), lo mismo que sucede también con las instalaciones actuales de refusión, –*al vacío* y *bajo escoria electroconductora*– dificulta y ralentiza la producción masiva de este grupo de aceros fabricados con tan avanzadas tecnologías. Nos atreveríamos a decir que sólo un porcentaje reducido se fabrica con estos novedosos procedimientos. Tasa que ocasionalmente no sobrepasa el 20 por 100% (20%) del conjunto de la producción total de aceros de herramientas.

dimiento de las herramientas y útiles con ellos fabricadas:

- Herramientas que trabajan a choque: corte discontinuo.
- Herramientas de difícil diseño y geometría que necesitan de importantes operaciones de rectificado.
- Herramientas que trabajan en condiciones difíciles de mecanizado: aceros bonificados de alta resistencia, aleaciones de titanio, aleaciones base níquel, etc.

En el ámbito de las herramientas destinadas al conformado por deformación plástica en frío de metales –*corte*, *punzonado*, *embutición*, *repulsado*, *perfilado*, etc.– los aceros rápidos pulvimetalúrgicos presentan una excelente solución, frente a los clásicos aceros de herramientas con 12 por 100 de cromo (**Cr** = 12%), especialmente utilizados en estos tipos de trabajos.

1.2. Consideraciones sobre la estructura de los aceros rápidos PM frente a los aceros rápidos convencionales

La composición estructural de los aceros rápidos de fabricación convencional da lugar a la aparición durante la solidificación del material a un constituyente ledeburítico, formado por austenita y carburos primarios. Al seguir enfriándose a más baja temperatura se precipitan en la austenita carburos secundarios: los carburos primarios o de solidificación son más gruesos, y los carburos secundarios o de precipitación son más finos. Los carburos complejos, y de distintos tipos, repartidos aleatoriamente en la masa matricial de tales aceros representan un volumen muy importante; su cantidad y proporción varían con la temperatura y con la composición química del acero correspondiente.

Su fiabilidad en cuanto al criterio de calidad tiene que ser máxima, ya que en este grupo de aceros de fabricación convencional, tal calidad se basa y depende especialmente de los conceptos siguientes:

1. Distribución forma de los carburos.
2. Tamaño de los carburos.
3. Tamaño del grano austenítico.

Las características de los puntos 1 y 2 dependen principalmente del proceso de fabricación del material, sobre todo del trabajo termo-mecánico realizado. En cuanto al grano austenítico su tamaño depende, entre otros factores, muy especialmente del tratamiento térmico final.

En la **figura 5** se observa la estrecha relación entre el diámetro de los carburos primarios y el tamaño del grano austenítico. Esto sobre todo se pone de manifiesto en los aceros rápidos **PM**, en los que es incuestionable que los carburos primarios y el tamaño de grano son sustancialmente más finos, frente a los del acero rápido convencional de igual composición. Dado que el tamaño de las partículas pulvimetalúrgicas –***polvo metálico***– es inicialmente mucho más pequeño, que los carburos primarios presentes en los aceros rápidos convencionales.

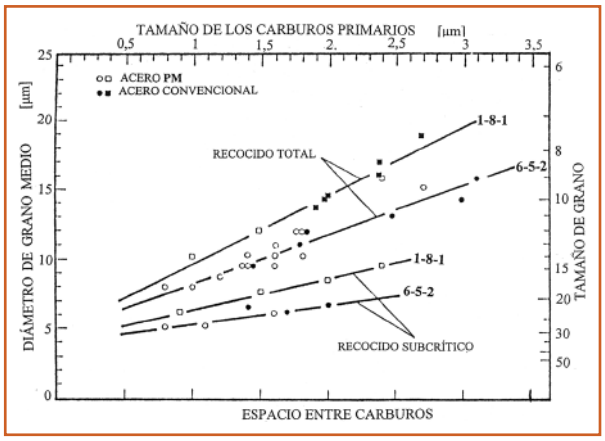


Figura 5. *Influencia del tamaño de los carburos primarios y del tratamiento térmico de recocido en el tamaño de grano austenítico de los aceros rápidos* **1-8-1** *y* **6-5-2** *fabricados ambos tanto por PULVIMETALURGIA, como por el método convencional [Neumeyer y Kasak].*

Prescindiendo de la composición química del material, los factores que justifican la mayor calidad de un acero rápido pulvimetalúrgico (**PM**), en comparación con los aceros rápidos de fabricación convencional, son:

1. Distribución, forma y dimensión de los carburos: particularmente finos.
2. Tamaño del grano austenítico normalmente más pequeño.
3. Mínimo engrosamiento de los carburos durante el trabajo de transformación y conformación en caliente del material, incluidos también los tra-

tamientos térmicos de recocido y el resto de calentamientos posteriores.

El tamaño del grano austenítico, insistimos, depende fundamentalmente del tratamiento térmico final: tiempo y temperatura. Es conveniente que el temple se realice de tal forma que se obtenga un tamaño de grano fino. Tamaño de grano que se encuentra entre 20 y 25 según Snyder Graff; nivel muy común en los aceros rápidos pulvimetalúrgicos.

2. TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS RÁPIDOS PULVIMETALÚRGICOS

Básicamente no existen diferencias importantes en el tratamiento de los aceros rápidos pulvimetalúrgicos, frente a los clásicos aceros rápidos de fabricación convencional y de igual composición. No obstante la presencia de carburos más pequeños y uniformes en los aceros pulvimetalúrgicos (**PM**), como consecuencia de su particular elaboración, facilita una disolución más rápida de los mismos a igual temperatura de austenización, **figura 6**. Circunstancia que se puede aprovechar para bajar en unas docenas de grados centígrados [°C] la temperatura de temple, y mantener un mínimo tiempo de austenización a dicha temperatura.

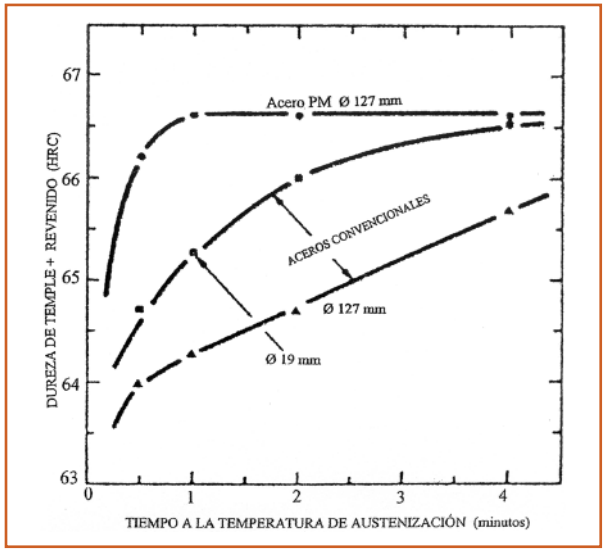


***Figura 6**. Comparación de los tiempos de austenización y dureza alcanzada en el tratamiento térmico del acero rápido **6-5-2**, según su proceso de fabricación: (1) proceso* PULVIMETALÚRGICO*; (2) proceso convencional. Materiales templados 1.180 °C en aceite + revenido a 560 °C [3 revenidos x 1 hora a 560 °C].*

Las herramientas ya fabricadas 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 la masa matricial o estructura del material; circunstancia que consecuentemente influye en el rendimiento de las herramientas, una vez que éstas han sido templadas y revenidas.

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

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

En el tratamiento térmico de temple se produce una transformación martensítica "pura", al mismo tiempo que un endurecimiento por transformación de los carburos disueltos y dispersos en esa masa matricial martensítica. La fase de austenización de los aceros rápidos **PM** se efectúa a alta temperatura [**T**$^{a}_{temple}$ = (1.100 ÷ 1.180 °C)]; temperaturas relativamente inferiores a las de los aceros rápidos de fabricación convencional y de igual composición. No obstante, tales temperaturas permiten que se disuelvan en la austenita gran parte de los carburos complejos inicialmente presentes en el acero; mientras que el resto no disueltos permanecen intactos e impidiendo el crecimiento de los granos austeníticos. La velocidad crítica o de enfriamiento es relativamente pequeña, pero la suficiente para que el temple se pueda efectuar en aire forzado, gas a presión en hornos de vacío, aceite, y también en baño de sales de apagado a 550 °C de temperatura.

El revenido es una operación adicional y secuencial *–normalmente se efectúan* 2 ó 3 *revenidos–*. Cada ciclo de revenido se realiza a una temperatura comprendida entre 540 y 560 °C, siendo el tiempo mínimo de 1 hora a temperatura de revenido. Esto permite sucesivamente la transformación *–en el primer revenido–* de la mayor parte de la austenita retenida en martensita de temple y la precipita-

ción de partículas muy finas [0,01Ìm] de carburos complejos de volframio (**W_3C**) y de vanadio (**V_4C_3**), etc, en esa masa matricial martensítica altamente sobresaturada y endurecida. El endurecimiento secundario por revenido previo es muy importante, ya que es la base de las propiedades de rigidez en caliente de los aceros rápidos durante el desempeño de su trabajo a altas temperaturas; rigidez que es debida a la concentración *–en volumen–* de carburos (10/15%) dispersos en la masa matricial martensítica.

Por su alta dureza, los carburos [**$(FeW)_3C$** = 1500 HV**;** **V_4C_3** = 2000 HV] mejoran la resistencia al desgaste del material; pero, sobre todo, son también los responsables de impedir el crecimiento del tamaño de grano de la masa matricial o estructura del acero, durante su proceso de transformación y conformación en caliente.

2.1. *Recocido de ablandamiento*

El recocido de ablandamiento tiene por objeto fundamental ablandar el acero, eliminando al mismo tiempo los efectos de su anterior estado; circunstancias éstas que permiten el mecanizado por corte con arranque de viruta. Recordamos que este grupo de aceros, al igual que el resto de aceros aleados de herramientas, se suministran normalmente ya recocidos por el acerista. No obstante, dicho tratamiento térmico se ha de tener siempre en cuenta al estudiar el conjunto de los tratamientos que se aplican a los aceros rápidos.

Lo fundamental del recocido de ablandamiento es la formación de una estructura homogénea y libre de tensiones, compuesta de ferrita y carburos primarios globulizados *–ferrita* (70 ÷ 80%) y *carburos complejos* (20 ÷ 30%)–. Estructura que tiene que ser suficientemente blanda y mecanizable y que al mismo tiempo proporcione la más alta seguridad en el tratamiento térmico final *–temple + revenido–* de la herramienta correspondiente.

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 que se pueda alcanzar la máxima disolución de carburos primarios durante la austenización; para que luego en la fase de temple se obtenga la más alta dureza.

Un recocido típico que podríamos llamar de regeneración o recocido total de los aceros rápidos **PM**, es el que describimos a continuación:

- Calentamiento lento a un máximo de 30 °C/hora hasta alcanzar la temperatura de recocido: (1) temperatura entre 820 y 840 °C para los aceros sin cobalto; **p.ej.**: tipo **PM 6-5-3**; y (2) temperatura entre 840 y 860 °C para los aceros con alto cobalto; **p.ej.**: **PM 6-5-3-8**.

- 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 dentro del horno a velocidad controlada de 10/15 °C/hora, hasta que baje la temperatura a 550 °C. Una vez que el horno alcanza esta temperatura ya se pueden extraer 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)].

2.2. *Recocido subcrítico*

Es un hecho constatado que el tipo de recocido influye de una forma determinante en el tamaño de grano austenítico, que posteriormente se obtiene en el temple. En la práctica está confirmado que si a cualquier tipo de acero rápido en general, se le efectúa un recocido subcrítico partiendo de un determinado tamaño de carburo primario, presenta un grano austenítico más fino que si se le realiza un recocido de ablandamiento o de total transformación; **figura 7**.

Pero esa gran diferencia, que se observa en el tamaño de grano austenítico según la temperatura del recocido, e incluso partiendo de un determinado tamaño de los carburos primarios; no puede ser sólo justificada de acuerdo con las características de tales carburos. Por ello se ha intentado dar, también, una explicación en función de las características de los carburos secundarios, junto con la temperatura *–mayor o menor–* del recocido aplicado. De esta manera se puede considerar lo siguiente:

- El recocido a temperatura crítica *–entre* 840 y 880 °C– los carburos secundarios precipitan en la re-

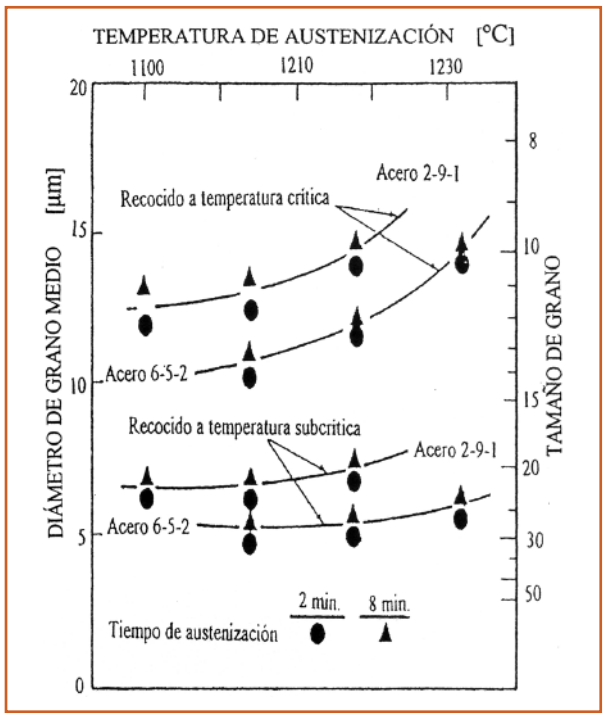


***Figura 7**. Influencia de la temperatura y tiempo de austenización en el tamaño de grano austenítico según la estructura, previo recocido. Aceros rápidos **2-9-1 y 6-5-2** [Neumeyer y Kasak].*

gión 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, comprendemos que haya significativas diferencias en el tamaño y morfología de los carburos secundarios. En el primer caso –*recocido a mayor temperatura*– aparece cierta cantidad de carburos esferoidales de cierto grosor; en el segundo caso –*recocido a menor temperatura*– los carburos son más finos, más pequeños y apreciablemente más numerosos.

En el recocido subcrítico, las interfases carburo-ferrita son espacios muy favorables y propensos para nucleación de la austenita. La formación de carburos es considerable y uniforme en toda la masa matricial obtenida. La velocidad de nucleación de la austenita, reiteramos, es mayor; permitiendo al mismo tiempo la formación de un mayor número de granos austeníticos. Con esto conseguimos un tamaño de grano más fino en el momento de realizar el tratamiento térmico de temple.

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

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

Según queda confirmado, pues, que la temperatura de recocido está por debajo de la de transformación crítica del acero rápido correspondiente. Con esto se disminuye muy sustancialmente el posible peligro de descarburación superficial del material que se recuece.

2.3. *Recocido eliminador de tensiones*

Durante el proceso de fabricación de las herramientas, bien por mecanizado con arranque de viruta, o bien por conformado y puesta en forma mediante deformación plástica en frío o en caliente; 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 lo que es aconsejable eliminar tales tensiones realizando un recocido de eliminación de tensiones, igualmente denominado estabilizado.

El recocido de eliminación de tensiones consiste en calentar lentamente los útiles y herramientas a una temperatura comprendida entre 650 y 680 pc, según el tipo de acero. 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 dimensiones es recomendable añadir una hora más por cada 50 mm de espesor [**1 hora** x **50 mm**]. Después del tiempo y permanecía, "empape" homogéneo, a la temperatura de recocido, finalmente, se desconecta el horno y las herramientas se dejan enfriar lentamente en el horno hasta que alcancen la temperatura ambiente.

(Continuará)

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

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

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

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

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

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

Mejora de la esferoidización de aceros de medio carbono mediante la aplicación en tibio de bajas deformaciones

J. Arruabarrena, P. Uranga, B. López, J.M. Rodriguez-Ibabe*

Resumen

Se han aplicado bajas deformaciones en tibio a un acero de medio contenido en carbono y baja aleación, a fin de mejorar su predisposición frente a la esferoidización durante el recocido de ablandamiento. La deformación procura la fragmentación mecánica de las láminas de cementita, y además introduce defectos cristalinos tanto en la cementita como en la matriz ferrítica. La cementita acumula deformación en su interior, lo que conduce a una rápida ruptura de las láminas de acuerdo con el mecanismo de formación de canales, y en consecuencia a una mayor esferoidización final. El grado de esferoidización alcanzado en las muestras se ha cuantificado utilizando el criterio de O Brien y Hosford, y se ha evaluado conforme a la clasificación IFI. Independientemente de cual sea la microestructura perlítica de partida, deformaciones superiores a 0.3 dan lugar a microestructuras completamente globulizadas tras un recocido a 720 °C. Además de mejorar el grado de esferoidización obtenido, la deformación aplicada propicia un significativo afino microestructural. Dicho afino es consecuencia de un proceso de recristalización continua, que está estrechamente ligado a la esferoidización de la cementita.

1. INTRODUCCIÓN

La morfología laminar de la perlita formada tras laminación en caliente de barras de acero de medio carbono, limita en gran medida el uso del acero en los procesos de conformado en frío [1-6]. En la práctica habitual las barras son sometidas a un enfriamiento lento inmediatamente después de la laminación, para procurar la formación de una perlita gruesa durante la transformación de fase, y así obtener una microestructura blanda y dúctil. Cuando se requieren propiedades mecánicas mejoradas de cara a posteriores procesos de conformación, como estampación o extrusión, la condición tras laminado de la perlita no es suficiente, por lo que el acero debe someterse a un tratamiento de esferoidización a fin de mejorar dichas propiedades. Durante el tratamiento de esferoidización la matriz ferrítica se ablanda, y la cementita pierde su morfología laminar adquiriendo un aspecto globular, que confiere una alta ductilidad al acero [7].

Los tratamientos de esferoidización conllevan largos tiempos de mantenimiento a temperaturas relativamente altas, lo que se traduce en un alto coste energético. La adecuación de las microestructuras de partida, bien modificando las velocidades de enfriamiento durante la transformación de fase, o incluso variando las condiciones finales de laminación, pueden conducir a una notable reducción de los tratamientos, y en consecuencia a una disminución de los costes de producción [1,6]. En relación a esto último, el uso de varias tecnologías basadas en la deformación de la perlita, como técnicas de deformación plástica severa (SPD), o de deformación en tibio de la perlita (HWD), ha mostrado que la aplicación de grandes deformaciones, además de dar lugar a un afino microestructural al final del tratamiento de es-

* CEIT Y TECNUN.

feroidización, conducen a un aumento muy notable del grado de esferoidización [8-10].

Desafortunadamente, a pesar de los beneficios potenciales de la aplicación de estas tecnologías, las altas deformaciones requeridas a temperaturas relativamente bajas de laminación, hacen muy complicada su aplicación en los trenes de laminación convencionales. En su lugar, la aplicación de deformaciones más bajas parece más plausible de llevarse a cabo en las nuevas y más robustas instalaciones, lo que podría conducir a una disminución considerable del tiempo de tratamiento necesario para conseguir cierto grado de esferoidización.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El material objeto del estudio es un acero de medio contenido en carbono y baja aleación, de composición 0.40% C, 0.78% Mn, 1.02% Cr, 0.17% Si, 0.01% P y 0.027% S. Los ensayos se han realizado sobre muestras cilíndricas de dilatometría, de longitud 8 mm y diámetro de 4 mm, mecanizadas del centro de una barra de 25 mm laminada en caliente. Las muestras han sido austenizadas a 850 °C durante 15 min y posteriormente enfriadas a razón de 20 °C/s hasta 700 °C y 630 °C. Las muestras se han mantenido a dichas temperaturas durante 12 min y 7 min respectivamente, lo que ha procurado la formación de dos microestructuras perlíticas bien diferenciadas, una perlita gruesa correspondiente a la transformación a 700 °C y otra fina en el caso del mantenimiento a 630 °C. Los distintos grados de deformación se han aplicado al final del mantenimiento isotermo mediante compresión uniaxial (ε: 0.1, 0.3 y 0.5), empleando una velocidad de deformación de 1 s^{-1}. Los tratamientos de esferoidización han consistido en un mantenimiento subcrítico a 720 °C durante 2 h (ciclo corto) y 10 h (ciclo largo).

El análisis microestructural se ha llevado a cabo mediante microscopía óptica y FEG-SEM. El grado de esferoidización se ha cuantificado empleando técnicas de análisis de imagen sobre micrografías al azar tomadas a 10.000 aumentos. Alrededor de 10^4 partículas de cementita han sido medidas en cada condición de ensayo. Las cementitas que presentan un área inferior a 0.001 μm^2 han sido descartadas de los análisis. De acuerdo con el criterio empleado por O Brien y Hosford [5], las cementitas que presentan una relación de aspecto inferior o igual a 3, se han considerado esferoidizadas. El grado de esferoidización se ha determinado como fracción de área de cementita esferoidizada, con respecto a la fracción de área total de cementita. Las propiedades mecánicas han sido evaluadas por medio de medidas de microdureza, empleando para ello un indentador Vickers y una carga de 1 kg.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tratamientos de esferoidización

La aplicación de bajas deformaciones produce cambios tanto en las láminas de cementita como en matriz de ferrita. La Fig. 20 muestra el aspecto que presenta la perlita gruesa inmediatamente después de haber sido deformada a la temperatura de 700 °C. Como puede apreciarse, la deformación produce una considerable fragmentación de las láminas de cementita, en especial en las colonias alineadas en el sentido de la aplicación de la deformación. Asimismo se evidencia que fruto de la deformación las colonias tienden a alinearse en el sentido del flujo plástico. Como consecuencia de todo ello, las cementitas presentes en dichas colonias pierden su morfología recta y laminar, para presentar ondulaciones e incluso fragmentarse parcial o completamente. Además de las cementitas, la matriz se ve fuertemente afectada por efecto de la deformación, ya que ésta introduce defectos cristalinos en forma de dislocaciones o bandas de deformación (Fig. 20a). Al mantener las muestras sumergidas en nital durante 1 h (depth etching), el ataque preferente de la ferrita revela las imperfecciones, tales como agujeros y ondulaciones presentes en las láminas. Asimismo se observa que las láminas presentan indicios del comienzo de fenómenos de esferoidización de borde (Fig. 20b).

La Fig. 21 muestra el aspecto que presenta la perlita gruesa sometida a distintos niveles de deformación tras el ciclo largo de esferoidización. Como puede apreciarse, la microestructura desarrollada depende en gran medida de la deformación introducida, de forma que cuanto mayor es dicha deformación, la microestructura resultante tras el tratamiento presenta una mayor esferoidización. A consecuencia de la esferoidización, la cementita se fragmenta en unidades globulares, y engrosa como resultado del proceso Ostwald ripening. En la perlita no deformada, pese a que las láminas aparecen fragmentadas, existen colonias que mantienen parte de las características de partida. Además, se aprecia que el engrosamiento de la cementita se reduce a las juntas de grano de la colonia inicial. En cambio, en las muestras deformadas la descomposición de la colonia resulta más evidente, en especial cuando la deformación aplicada es mayor a 0.3.

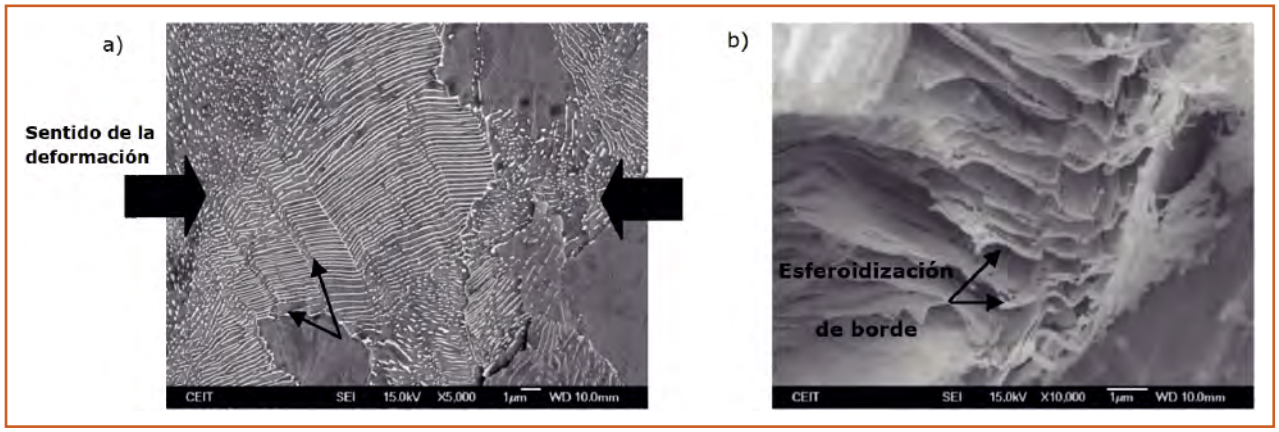


Fig. 20. a) Defectos cristalinos en la matriz, y b) detalle de las cementitas obtenido tras depth etching de la perlita gruesa, tras ser deformada en tibio (T: 700 °C, ε : 0.3, 1 s^{-1}).

La fragmentación de las láminas tiene lugar conforme a dos efectos, por una parte la rotura mecánica durante la deformación, y por otra la esferoidización durante el tratamiento. Ambas contribuciones conducen a una continua disminución de la relación de aspecto que presentan las cementitas. La Fig. 22a muestra la variación de la relación de aspecto de la perlita gruesa, tras ser sometida a los ciclos corto y largo de esferoidización. Como puede verse, la relación de aspecto disminuye conforme se extiende el tiempo de tratamiento y se aumenta la deformación introducida.

La deformación aplicada induce defectos cristalinos que procuran una mayor difusión a través de la matriz de ferrita, y a su vez aumentan la capacidad de disolución de la matriz, debido a la interacción soluto/dislocación. Ambos efectos contribuyen notablemente tanto a la esferoidización, como a la disolución de las cementitas más pequeñas al inicio del tratamiento de esferoidización, y antes de que la matriz restaure. En la muestra no deformada la densidad de defectos en la matriz es baja, haciendo que los procesos de disolución y engrosamiento progre-

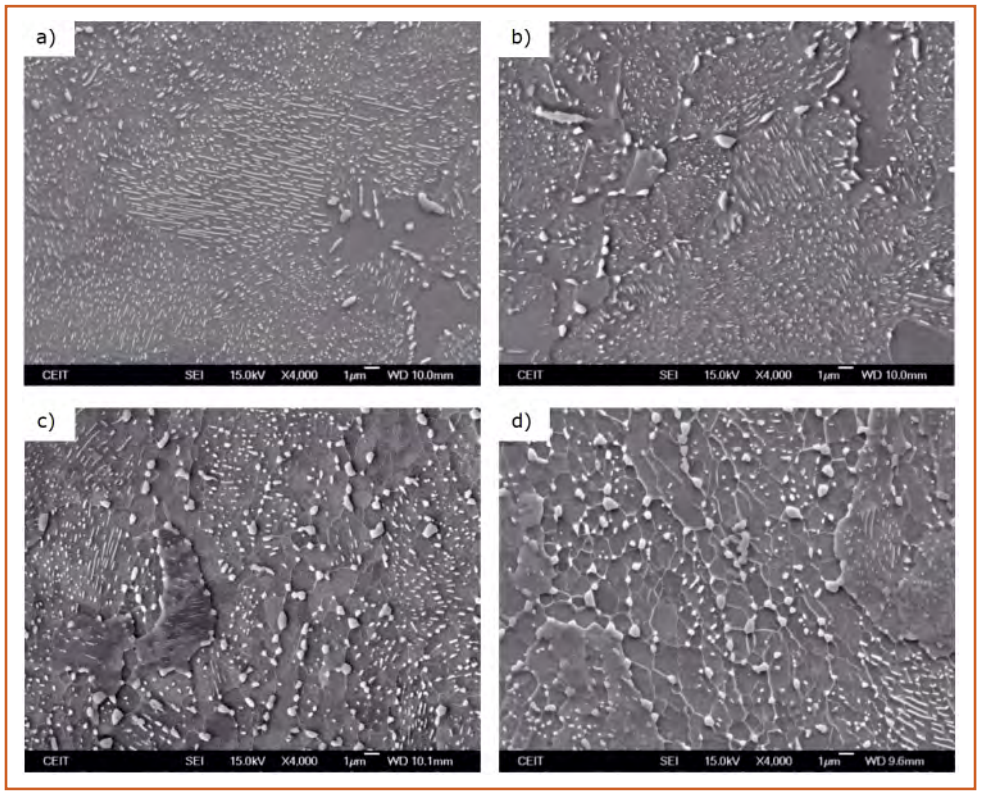


Fig. 21. Aspecto de la microestructura tras ser sometida al ciclo largo de esferoidización, en la perlita gruesa a) no deformada, b) deformada 0.1, c) deformada 0.3 y d) deformada 0.5.

sen lentamente controlados por la difusión en volumen a través de la matriz. Esto hace que la microestructura presente una fracción muy importante de cementitas relativamente pequeñas al final del ciclo de esferoidización. En cuanto a los casos deformados, se observa que la aplicación de la deformación de 0.1 conduce de forma análoga a una microestructura con una alta fracción de cementitas pequeñas. En este caso la deformación aplicada, pese a causar una mayor fragmentación de las cementitas, no parece generar una densidad de defectos cristalinos significativa que impulse la disolución de cementitas. En este sentido, debe tenerse en cuenta el efecto de la ferrita proeutectoide, que absorbe parte de la deformación, y que por tanto reduce la deformación efectiva en la perlita. En las microestructuras deformadas a mayores niveles, la fragmentación de las láminas va unida a la disolución de las cementitas más pequeñas recién creadas, debido a que la solubilidad del soluto en la matriz aumenta por efecto de la deformación, como ya se ha reportado en trabajos anteriores realizados entorno al trefilado de alambres perlíticos [11]. La Fig. 22b muestra la variación de la densidad de las cementitas pequeñas de área menor a 0,02 μm^2. En general se observa que la densidad de cementitas más pequeñas disminuye a tratamientos más prolongados. En la perlita no deformada esta tendencia no es tan clara, ya que la disolución de las cementitas compite con la creación de nuevas cementitas durante la fragmentación de las láminas, que tiene lugar a lo largo del tratamiento. La diferencia en la densidad de cementitas entre la muestra deformada 0.1 y las muestras deformadas 0.3 y 0.5 en sus condiciones tras laminado, indica que la disolución de las cementitas se produce durante la misma aplicación de la deformación, ya que cabría esperar una mayor densidad de cementitas pequeñas cuanto mayor es la deformación aplicada, si esta disolución de cementitas no se produjera.

Además de los cambios morfológicos en la cementita, la matriz de ferrita evoluciona durante el tratamiento de esferoidización, en especial en los casos en los que se ha aplicado deformación previa al tratamiento. La recristalización tiene lugar en las zonas donde la antigua colonia perlítica aparece descompuesta, y la densidad de cementitas es baja, como puede observarse en las micrografías correspondientes a deformaciones de 0.3 y 0.5 de la Fig. 21c y Fig. 21d respectivamente. La recristalización por tanto se produce de forma continua a medida que la esferoidización progresa, debido a que la disolución y fragmentación de las cementitas disminuye el efecto de anclaje de junta que ejercen las mismas, y permite el crecimiento de la estructura de subgranos formada tras la restauración de la ferrita. Como resultado de la recristalización se consigue un refinamiento de grano, que depende en gran medida de la deformación introducida, de forma que se obtiene un afino mayor cuanto mayor es la deformación aplicada.

El engrosamiento de la cementita se produce más rápidamente cuanto mayor es la deformación en las microestructuras. La subestructura desarrollada durante la restauración y recristalización, además de reducir las distancias a difundir, provee una mayor cantidad de juntas a través de las cuales la difusión progresa rápidamente. Así, las cementitas que se en-

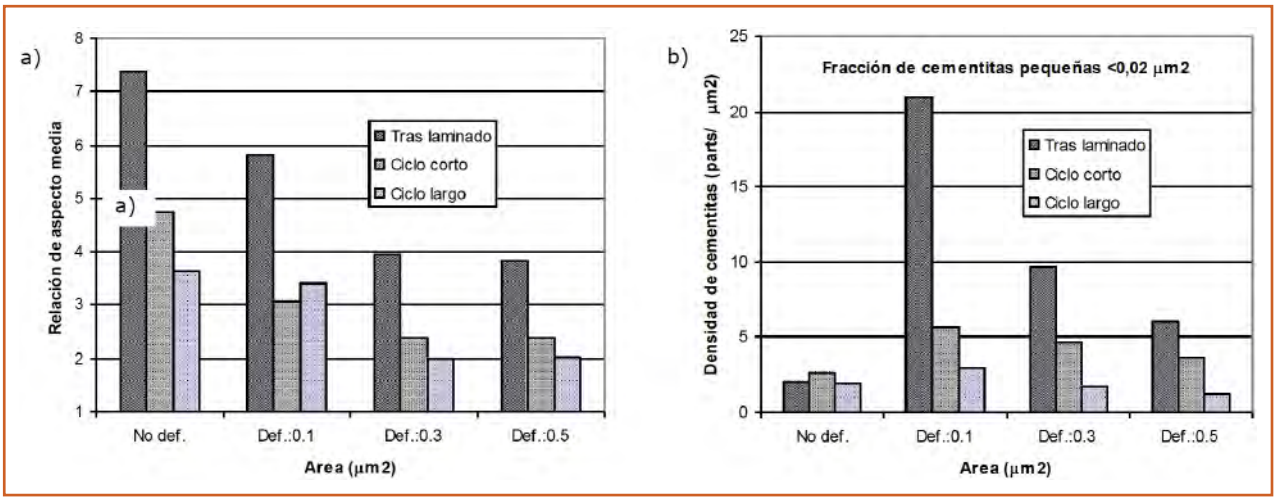


Fig. 22. a) Evolución de la relación de aspecto media de las cementitas, y b) variación de la densidad de cementitas en el rango de áreas menor a 0,02 μm^2.

cuentran anclando estas juntas experimentan un engrosamiento muy rápido. En las microestructuras no deformadas o deformadas a niveles menores, no se desarrolla dicha subestructura, por lo que el engrosamiento de la cementita queda reducido a las cementitas situadas sobre las antiguas juntas de austenita, o juntas entre colonias.

Las microestructuras obtenidas en el caso de la perlita fina de partida se muestran en la Fig. 23. Al igual que en el caso de la perlita gruesa, la aplicación de la deformación conduce a la descomposición de las colonias, y a un mayor engrosamiento de las cementitas al final del tratamiento de esferoidización. En la Fig. 24a y Fig. 24b se compara la distribución de fracciones de área tras aplicarse una deformación de 0.3, y después de los ciclos corto y largo, en ambos tipos de perlita. Como puede verse en los dos casos, la fragmentación y disolución de las cementitas produce una disminución de las cementitas más pequeñas, y un aumento considerable de las de mayores tamaños a consecuencia del engrosamiento. La perlita fina se caracteriza por un espaciado interlaminar menor, y por presentar un espesor de lámina mucho menor, lo que da lugar a una elevada cantidad de cementitas pequeñas tras la deformación. Dicha fracción de cementitas disminuye drásticamente tras los ciclos de esferoidización, y causa un engrosamiento de partícula muy notable. La distribución en áreas se desplaza hacia la derecha como resultado del continuo engrosamiento de las cementitas al aumentar el tiempo de tratamiento. En la perlita gruesa, la deformación no produce una fragmentación de láminas tan notoria, y por tanto se mantienen cementitas laminares tras la deformación. Estas láminas se fragmentan durante el tratamiento, por lo que el efecto del engrosamiento no es tan evidente como en el caso de la perlita fina, ya que la desaparición de las cementitas se contrarresta con la formación de nuevas cementitas pequeñas tras la fragmentación. Si se comparan las distribuciones de cementita tras el ciclo largo en ambos tipos de perlita, puede observarse que éstas no difieren en exceso, excepto en la fracción de cementitas más pequeñas, con lo que puede concluirse que la influencia de la microestructura de partida, pierde peso a medida que se alarga el tiempo de tratamiento. La Fig. 24c y Fig. 24d muestran la evolución de la relación de aspecto media de las cementitas en las perlitas gruesa y fina, respectivamente. La fragmentación de láminas y el engrosamiento de grano producen nuevas cementitas muy globulares (bajas relaciones de aspecto).

Al comparar el grado de esferoidización obtenido durante los tratamientos, resulta evidente la bondad de la aplicación de bajas de formaciones en tibio. El grado de esferoidización en términos de frac-

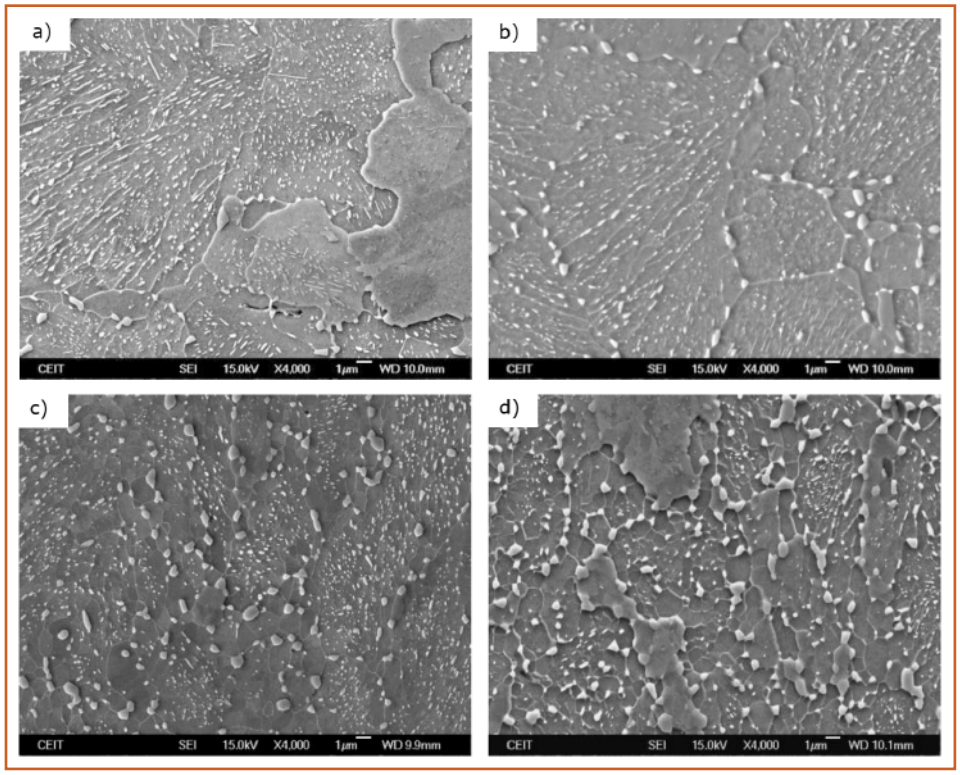


Fig. 23. Aspecto de la microestructura tras aplicarse el ciclo largo de esferoidización en la perlita fina a) no deformada, b) deformada 0.1, c) deformada 0.3 y d) deformada 0.5.

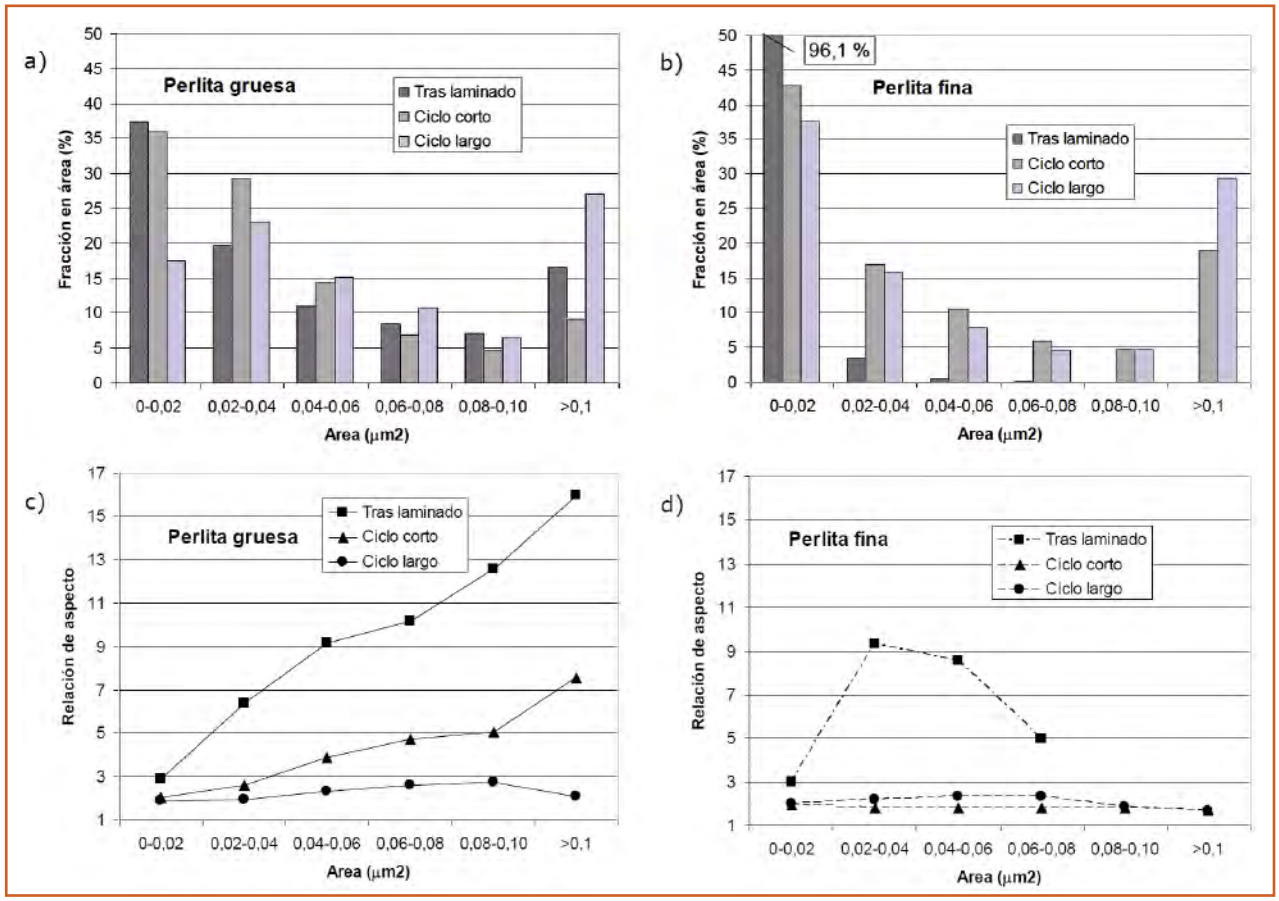


Fig. 24. a,b) evolución de la distribución de tamaños, y c,d) variación de la relación de aspecto de las cementitas a lo largo de los tratamientos de esferoidización de las perlitas gruesa y fina deformada en tibio (ε: 0.3).

ción en área determinado en cada caso, se presenta en la Fig. 25. Como se puede observar, a medida que se aumenta la deformación aplicada, el grado de esferoidización aumenta, cualquiera que sea la perlita de partida. El grado de esferoidización alcanzado, tanto en la perlita gruesa como en la fina, es muy sensible a la deformación aplicada. Así, aun introduciendo una muy baja deformación de 0.1, el grado de

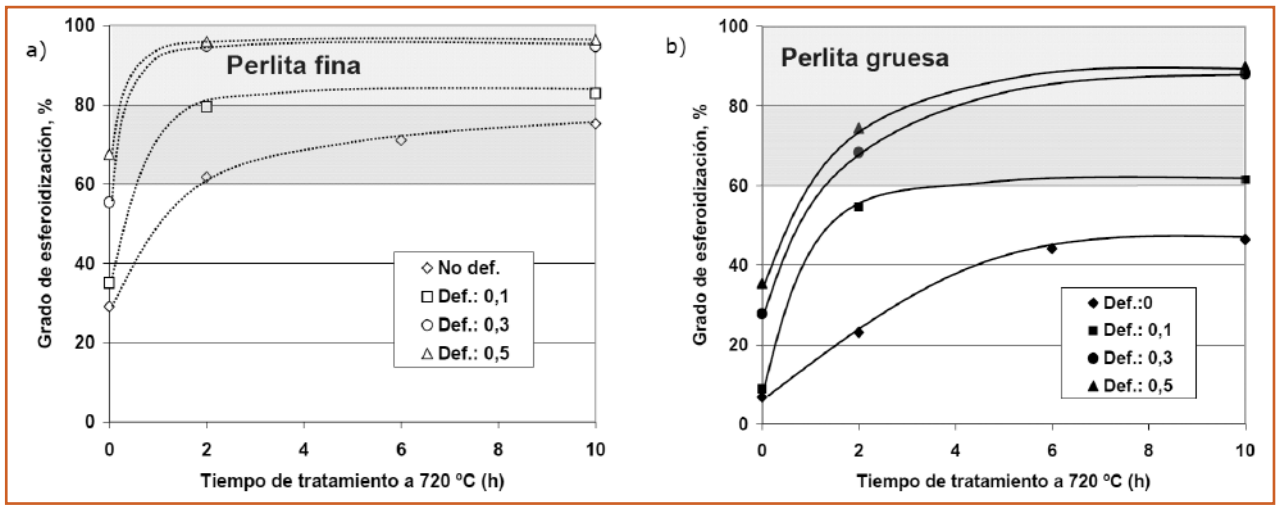


Fig. 25. Variación del grado de esferoidización con respecto al tiempo tratamiento en a) perlita fina, y b) perlita gruesa.

esferoidización aumenta considerablemente. Cabe destacar que el grado de esferoidización en ambas microestructuras deformadas 0.1 como en las no deformadas, no difiere en exceso en su condición tras laminado. En consecuencia, la mejora en la esferoidización asociada a la microestructura deformada tras el tratamiento, se puede atribuir a la aceleración de las cinéticas de esferoidización durante los ciclos térmicos. A niveles de deformación de 0.3 y 0.5 la fragmentación mecánica resulta más efectiva, lo que propicia un incremento en el grado de esferoidización en la condición tras laminado. La fragmentación mecánica procura la formación de nuevas cementitas muy pequeñas, y por tanto con una relación superficie/volumen muy alta, hecho que facilita la esferoidización, la disolución y engrosamiento de las mismas. Asimismo se observa que la aplicación de la deformación de 0.5, a pesar de producir cierta mejora, no conduce a mejoras tan remarcables en términos de grado de esferoidización con respecto a la microestructura deformada 0.3.

En cuanto al tipo de perlita, de acuerdo a lo que cabría esperar, la perlita fina es más tendente a la esferoidización, probablemente debido a la diferencia en la densidad de defectos en relación con la perlita gruesa. Al ser sometidas a las mismas condiciones de deformación, la perlita fina evoluciona a una microestructura más esferoidizada, aunque la diferencia entre ambas microestructuras de partida disminuye cuanto mayor es la deformación aplicada, y aumenta el tiempo de tratamiento. De acuerdo con la norma ASTM F 2282-03, la microestructura correspondiente a la perlita gruesa deformada 0.1, y sometida al ciclo largo, obtiene la calificación G2, lo cual la hace adecuada para ser sometida a ligeras deformaciones conforme a la clasificación IFI. Aplicando mayores deformaciones y tras esferoidización durante 10 h, se consiguen microestructuras plenamente esferoidizadas, que les otorga la calificación G1, y por tanto las hace aptas de cara a altas reducciones o procesos de extrusión. En el caso de la perlita fina de partida, la esferoidización se produce tan rápidamente que dicho grado se obtiene tras tan sólo 2 h de tratamiento.

Los cambios morfológicos de la perlita, así como los fenómenos de restauración y recristalización que se producen en la matriz, conducen a un ablandamiento global de la microestructura. En la Fig. 7 se muestra la evolución de la dureza a lo largo del tratamiento de esferoidización. Como cabría esperar, ambas microestructuras iniciales ablandan considerablemente tras un mantenimiento relativamente corto a las temperaturas de esferoidización. Aun así, bajo las mismas condiciones de deformación, la perlita gruesa no experimenta un ablandamiento tan notorio como la perlita fina tras el ciclo corto de esferoidización. Esto puede deberse a que la aplicación de la deformación en la perlita fina se ha llevado a cabo en condiciones de subenfriamiento mayores, e introduciendo en consecuencia una mayor energía de deformación para una deformación dada. Toda esta deformación se reduce en parte tras la restauración de la ferrita, lo que a su vez provoca un ablandamiento muy rápido de la microestructura al inicio del tratamiento de esferoidización.

La caída de dureza tras pasar del ciclo corto al ciclo largo de esferoidización, es muy similar en ambos casos. La microestructura se encuentra totalmente restaurada tras el ciclo corto de esferoidización, por tanto el consiguiente ablandamiento se produce de acuerdo con la contribución del proceso Ostwald ripening, y el crecimiento de los subgranos que lleva a la recristalización continua de la matriz. Ambos efectos no tienen una influencia tan significativa en la dureza como la restauración a tiempos más cortos, por lo que la caída de dureza se ralentiza. La perlita fina aun desarrollando una microestructura con un grado de esferoidización mayor, presenta una dureza mayor que la perlita gruesa sometida a la misma deformación, independientemente de cual sea el tratamiento de esferoidización aplicado. A tiempos largos de esferoidización como el caso del ciclo largo, a excepción del caso de la perlita no deformada, todas las microestructuras estudiadas desarrollan durezas similares. La posibilidad de prolongar los tratamientos más allá de las 10 h, podría conllevar que debido al continuo engrosamiento de las cementitas, el efecto de anclaje de junta se reduzca drásticamente y se produzca un crecimiento desmesurado del tamaño de grano. Este efecto a pesar de contribuir con un ablandamiento adicional de la microestructura, resulta muy perjudicial desde el punto de vista de la tenacidad y es por tanto un fenómeno a evitar, siendo necesario el ajuste de la duración del tratamiento para cada condición de deformación.

3.2. Mecanismos de esferoidización

En el caso de los tratamientos estáticos en los que no se aplica deformación previa a la perlita, se admite que la esferoidización progresa principalmente de acuerdo con el mecanismo de migración de defectos [12-13]. Defectos como terminaciones, fisuras o agujeros proveen zonas de alta curvatura, a partir de las cuales se inicia la esferoidización. Conforme al efec-

to Gibbs-Thompson se establece una transferencia de materia continua desde las zonas de alta curvatura, hacia las zonas planas de las láminas. Este flujo de materia se mantiene hasta igualarse ambas curvaturas, dando lugar a la fragmentación de la lámina. La fragmentación de la lámina puede dar lugar bien a formas globulares, o a nuevas formas aun laminares en las que se inicia nuevamente el proceso. La aplicación de deformaciones en la perlita, produce la ruptura mecánica de las láminas, lo que lleva a la formación de nuevas cementitas, y por tanto a un aumento en la densidad de terminaciones. Además de estos defectos, la deformación genera ondulaciones y estriaciones en las láminas, que ofrecen puntos preferentes para la fractura de las láminas. Por todo ello, la fragmentación en base a la migración de defectos debe ser también un mecanismo importante en los casos de perlita deformada.

A pesar de lo anterior, la migración de defectos no se considera el principal mecanismo de fragmentación en los casos de esferoidización asistida por deformación. En su lugar, se acepta que la ruptura de las láminas se produce conforme a la teoría de formación de canales (thermal groove theory), la cual es responsable de la rápida esferoidización que sufren las cementitas [13-15]. La ruptura de las láminas se produce previo al desarrollo de una estructura de subgranos en la cementita por efecto de la deformación. En los puntos triples de unión entre dos subgranos de cementita y la matriz de ferrita, se establece un equilibrio local de las tensiones superficiales, que da lugar a la formación de un canal a lo largo de toda la subjunta. La formación de este canal establece una transferencia de materia continua, debido a la diferencia entre las curvaturas en los puntos triples de la subjunta, y las zonas planas adyacentes de la lámina. El flujo continúo de materia, acaba ocasionando el efecto boundary splitting, o descosido de la subjunta de forma que la lámina se fragmenta en unidades menores. A fin de capturar los cambios morfológicos previos a la fragmentación de las láminas, la microestructura deformada constituida por perlita fina, ha sido sometida a un tratamiento térmico de 2h a 600 ºC. La temperatura empleada es suficientemente baja para que se ralentice la ruptura de las láminas durante el tratamiento, de forma que se puede capturar más fácilmente el momento previo a la fragmentación. La microestructura obtenida se muestra en la Fig. 27a, en la que se señala con un círculo la situación de una lámina muy deformada a punto de fragmentarse. La imagen ofrece una visión transversal de la lámina, en la que se puede apreciar el engrosamiento

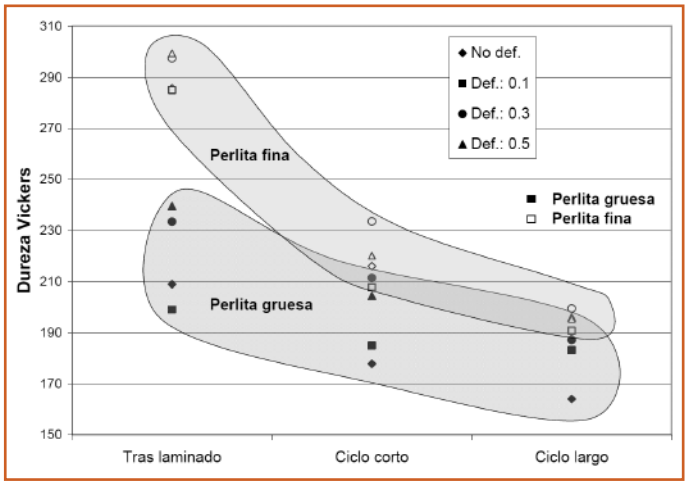


Fig. 26. Valores de dureza de las diferentes microestructuras estudiadas.

de algunas zonas en detrimento de otras en las que se forman cuellos. El aspecto de la lámina podría corresponderse con una situación previa a la de la lámina ya fragmentada que aparece contigua en la misma imagen. El proceso de esferoidización se esquematiza en la Fig. 27b. Tras la fragmentación de la lámina, la nueva cementita formada es susceptible de experimentar una esferoidización de borde, que daría lugar a una consiguiente fragmentación en unidades aun menores, o experimentar una cilindrerización en el caso en que la relación de aspecto de la sección transversal de la cementita sea lo suficientemente baja. Sea cual sea el caso, el resultado son formas alargadas, que constituyen en esencia formas cilíndricas. Las formas cilíndricas son inestables frente a la perturbación de Rayleigh, por lo que se fragmentan espontáneamente en formas globulares.

En las perlitas no deformadas no se observan láminas que presenten formas similares a la mostrada en la Fig. 27a, probablemente debido a que la deformación acumulada durante la transformación de fase no es suficiente para generar una subestructura significativa en la cementita. Todo esto conduce a pensar que la contribución de este mecanismo es insignificante en los casos en los que no se aplica deformación, y menos aún cuando la transformación de fase se lleva a cabo a bajos subenfriamientos, en los que la deformación derivada de la transformación de fase es menor.

El análisis por microscopía evidencia que los fenómenos de esferoidización de borde tienen lugar más rápidamente, en aquellos bordes de láminas que se sitúan sobre antiguas juntas de grano de austenita, o

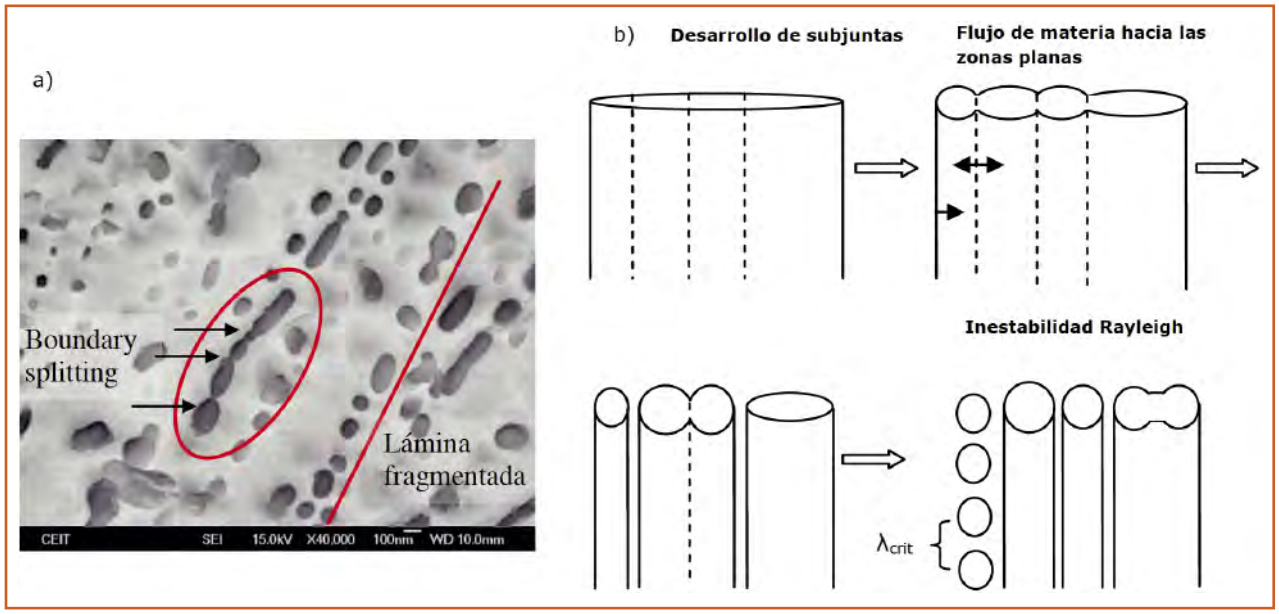


Fig. 27. a) detalle de la ruptura de láminas de cementita de acuerdo con el mecanismo boundary splitting tras tratamiento a 600 °C durante 2 h, y b) esquema del mecanismo de esferoidización en base a la teoría de formación de canales.

juntas entre colonias. Las juntas de grano ofrecen una estructura abierta para la difusión, por tanto a las temperaturas de esferoidización la difusión a través de la junta y la posterior precipitación sobre los bordes de las láminas se produce rápidamente. A diferencia de las láminas del interior de la colonia, la esferoidización de borde que sufren las láminas situadas en las juntas no va acompañada de una recesión del borde, por lo que el borde se mantiene en la junta y engrosa de forma continua durante el tratamiento de esferoidización, hasta que adquiere una forma similar a la de un cordón. La Fig. 28 muestra el engrosamiento mencionado en la junta entre la perlita y la ferrita proeutectoide. Los bordes de la lámina que caen sobre la junta aparecen muy redondeados, y en ocasiones se observa la fragmentación entre dicho borde y el resto de la lámina, zona indicada con una A en la figura. La separación de ambas partes se produce a consecuencia de la inestabilidad morfológica del cordón en el borde, frente a la superficie plana del resto de la lámina. Las láminas sufren una recesión del borde por efecto de la esferoidización, como se muestra en las zonas indicadas con una B. El cordón es básicamente una forma cilíndrica y por

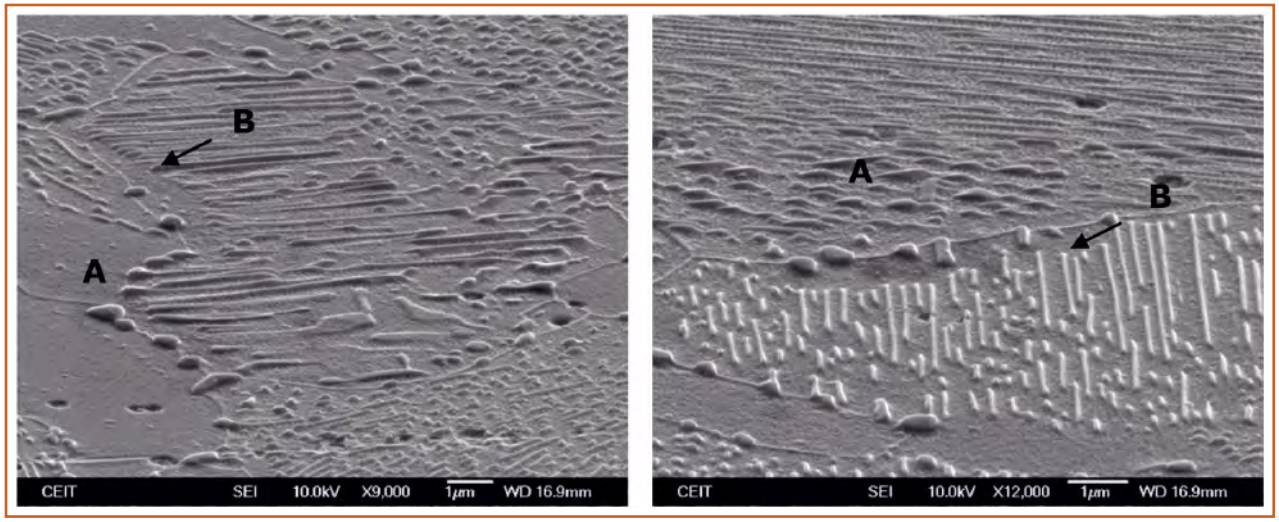


Fig. 28. Detalle de la esferoidización de los bordes debido a la difusión a través de la junta de grano.

tanto se disgrega en formas globulares conforme a la teoría de inestabilidad de Rayleigh.

La ruptura de lámina conforme a este efecto se esquematiza en la Fig. 29. Tras la fragmentación, los nuevos bordes de la lámina sufren la esferoidización del borde, y se fragmentan de acuerdo con cualquiera de los mecanismos de esferoidización citados. Por el contrario las cementitas situadas en la junta, a medida que transcurre el tratamiento de esferoidización pueden bien disolverse o coalescer y engrosar.

Las microestructuras deformadas ofrecen una mayor densidad de juntas, debido a los procesos de restauración y recristalización que tienen lugar durante la esferoidización, de forma que se generan más lugares preferentes para el engrosamiento rápido a través de las juntas, como puede verse en las micrografías correspondientes a las microestructuras deformadas de la Fig. 21. La contribución de este proceso a la ruptura de las láminas, cobra especial interés cuanto menor es el tamaño de grano de austenita, o mayor es la nucleación en la transformación de fase, ya que en ambos casos se está dando lugar a un aumento en la cantidad de juntas, y por tanto se está procurando el engrosamiento preferente de los bordes de una cantidad mayor de láminas. Este efecto podría ser la razón por la cual algunos autores asocian un mayor nivel de esferoidización cuanto mayor es el afino de grano de austenita [16].

4. Conclusiones

La aplicación de bajas deformaciones en tibio promueve una rápida esferoidización de la cementita, y conduce a un afino de grano de ferrita al final del tratamiento de esferoidización. El afino de grano se produce vía un proceso de recristalización continua, como resultado del crecimiento de los subgranos. La migración de las juntas está impedida por el efecto de anclaje que ejercen las cementitas, de forma que la recristalización no se produce hasta que este efecto disminuye durante la esferoidización y disolución de las cementitas.

La perlita fina sufre una esferoidización más rápida que la perlita gruesa, independientemente de si se aplica o no deformación previa al tratamiento de esferoidización. La diferencia en la evolución de ambas microestructuras estriba en que la perlita fina ofrece mayor densidad de defectos, en forma de agujeros y ondulaciones, que activan los mecanismos de trans-

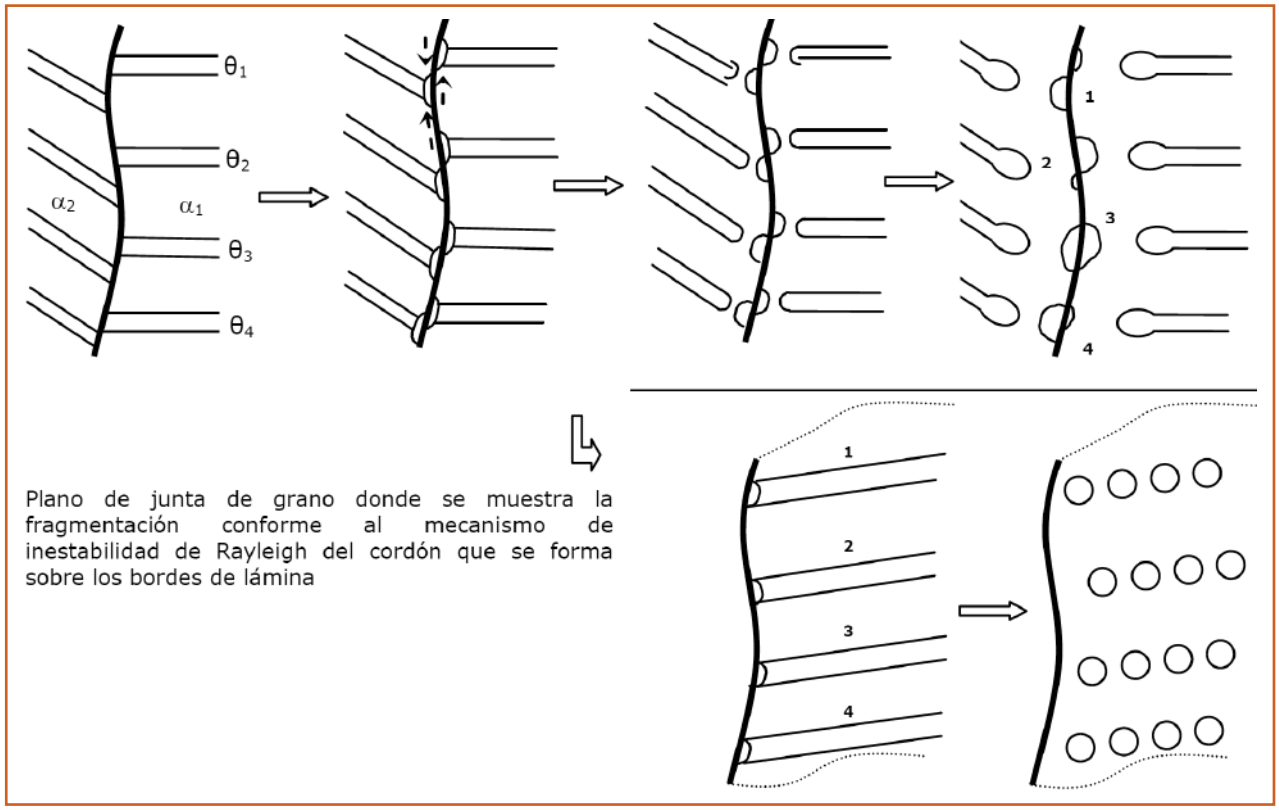


Fig. 29. Esquema del proceso de ruptura de lámina asociado a la esferoidización del borde en la junta.

ferencia de materia responsables de la esferoidización de las cementitas.

A diferencia de los casos no deformados, al deformar a niveles superiores a 0.3 y posteriormente aplicar el ciclo largo de esferoidización, se consiguen microestructuras plenamente esferoidizadas tanto en la perlita gruesa como en la fina. Conforme a la norma ASTM F 2282-03, las microestructuras alcanzan la calificación IFI G1, que garantiza su idoneidad para su uso en procesos de conformación que impliquen grandes reducciones.

Las microestructuras sometidas a mayores niveles de deformación presentan mayor engrosamiento de las cementitas al término del tratamiento. Los defectos introducidos en la matriz de ferrita, conducen a una rápida disolución de las cementitas pequeñas creadas durante la fractura mecánica de las láminas, mejoran la difusión a través de la matriz, y facilitan el engrosamiento de las cementitas por medio de la difusión a través de junta de grano.

Dado que los valores de dureza son críticos en la conformación en frío, el hecho de poder procesar microestructuras altamente esferoidizadas sin un detrimento muy considerable en términos de dureza, resulta muy atractivo industrialmente. La esferoidización de la cementita, así como el afino de grano de ferrita, es sabido que mejora la tenacidad de las microestructuras. Por tanto la adaptación de esta tecnología podría conducir a solventar problemas asociados al agrietamiento, y/o permitir la aplicación de condiciones más extremas durante el conformado en frío.

La esferoidización de acuerdo con la teoría de formación de canales es el principal mecanismo de esferoidización en las microestructuras deformadas. La fracción de ferrita proeutectoide presente en la perlita gruesa, reduce la efectividad de la deformación aplicada, siendo necesario mayores niveles de deformación para procurar el desarrollo de subgranos por efecto de la restauración.

Se ha observado la fragmentación de láminas por efecto de la esferoidización de los bordes situados sobre las juntas de grano. A diferencia de la esferoidización de borde que sufren los bordes en el interior de la colonia, los bordes situados sobre las juntas esferoidizan rápidamente, creando un cordón que provoca la ruptura rápida de la lámina.

5. Agradecimientos

Se agradece la ayuda del Ministerio de Ciencia e Innovación (Proyecto CICYT MAT2010-17672) en la financiación de este trabajo.

6. Referencias

[1] S. Chattopadhyay, and C.M. Sellars, Kinetics of Pearlite Spheroidisation during Static Annealing and during Hot Deformation, Acta Met., Vol 30, 1982, p 157-170.

[2] D. Hernandez-Silva, R.D. Morales, and J.G. Cabañas-Moreno, The Spheroidisation of Cementite in a Medium Carbon Steel by Means of Subcritical and Intercritical Annealing, ISIJ Int., Vol 32, 1992, p 1297-1305.

[3] W. J. Nam, and C. M. Bae, Coarsening Behavior of Cementite Particles at a Subcritical Temperature in a Medium Carbon Steel, Scr. Mater., Vol 41, 1999, p 313-318.

[4] A. Kamyabi-Gol, and M. Sheikh-Amiri, Spheroidizing Kinetics and Optimization of Heat Treatment Parameters in CK60 Steel Using Taguchi Robust Design, J. Iron Steel Res., Vol 17, 2010, p 42-52.

[5] J. M. O Brien, and W. F. Hosford, Spheroidization Cycles for Medium Carbon Steels, Metall. Mater. Trans. A, Vol 33A, 2002, p 1255-1261.

[6] E. Karadeniz, Influence of Different Initial Microstructure on the Process of Spheroidisation in Cold Forging, Mater. Design, Vol 29, 2008, p 251-256.

[7] G. Krauss, Steel: processing, structure, and performance, ASM International, Materials Park, OH, USA, 2005.

[8] K. Handa, Y. Kimura, Y. Yasumoto, T. Kamioka, and Y. Mishima, Effect of Deformation and Annealing Temperatures on Ultrafine Microstructure Development and Yield Strength of Pearlitic Steel trough Continuous Rex, Mater. Sci. Eng. A, Vol 527, 2010, p 1926-1932.

[9] N. Tsuji and T. Maki, Enhanced structural refinement by combining phase transformation and plastic deformation in steels, Scr. Mater., Vol 60, 2009, p 1044-1049.

[10] L. Storojeva, D. Ponge, R. Kaspar and D. Raabe, Development of Microstructure and Texture of Medium C Steel during Heavy Warm Deformation, Acta Mater., Vol 52, 2004, p 2209-2220.

[11] V.G. Gavriljuk, Decomposition of cementite in pearlitic steel due to plastic deformation, Materials Science and Engineering: A, 345, 2003, p 81-89.

[12] Y.T. Wang, Y. Adachi, K. Nakajima, Y. Sugimoto, Quantitative three-dimensional characterization of pearlite spheroidization, Acta Materialia, 58, 2010, p 4849-4858.

[13] Y. L. Tian, and R. W. Kraft, Mechanisms of Pearlite Spheroidization, Metall. Trans. A, Vol 18A, 1987, p 1403-1414.

[14] G. Sharma, R.V. Ramanujan, and G. P. Tiwari, Instability Mechanisms in Lamellar Microstructures, Acta Mater., Vol 48, 2000, p 875-889.

[15] J.C. Malzahn Kampe, T.H. Courtney, Y. Leng, Shape instabilities of plate-like structures-I. Experimental observations in heavily cold worked in situ composites, Acta Metallurgica, 37, 1989, p 1735-1745.

[16] K. Aihara, S. Kanbara, Influence of prior structure upon spheroidisation rate and cold forgeability of annealed wire, 57th Annual Convention of the Wire Association International, Atlanta, 1987.

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

Industrial Engineer in Mechanics & MBA

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

Ref. 12

Buscamos Ingeniero Técnico Comercial para penetración de hornos de inducción en el mercado europeo.

El candidato será responsable de la implantación y penetración de los equipos en Europa; reportando directamente a la matriz y trabajando de manera autónoma para cumplir los objetivos marcados.

Experiencia en fundición férrica de hierro y acero, y en hornos de fusión por inducción, será valorada.

Ref. 13

Técnico comercial fundición exportación

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

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

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

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

Empresa de tratamientos y recubrimientos de la provincia de Barcelona busca un Técnico - Comercial para España

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

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

Ref. 10

SILVIA BACCO

TRADUCCIONES: SECTOR FUNDICIÓN

INGLÉS-FRANCÉS-ESPAÑOL

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

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

BUSCAMOS:

Responsable técnico comercial para España – Provincia de Valencia

Más información en:
www.meusburger.com

FÁBRICA DE HORNOS Y ESTUFAS INDUSTRIALES.

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

j.mir@bautermic.com

Ref. 11

EMPLEO

Empresa introducida en el sector de fundición no férrica.

Busca representante

en el Pais Vasco, Navarra, Asturias y Galicia.

Se valorarán sus conocimientos y relaciones comerciales.

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

Especialistas en Tecnologías del Vacío

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

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

oerlikon
leybold vacuum

HOT técnicas en Hornos HOT S.L.

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

AICHELIN Group
Lohmann Qualität in Edelstahl
Stop off paints LUISO

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

SECO/WARWICK
Heat Processing Equipment

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

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

innovation • performance • reliability

Pometon
Líder en fabricación y desarrollo de granallas y polvos metálicos

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

Fabricamos:

MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LAVADO Y DESENGRASE PARA TODO TIPO DE PIEZAS

ESTUFAS ESTÁTICAS Y CONTINUAS HASTA 600ºC PARA CALENTAR Y SECAR

HORNOS INDUSTRIALES HASTA 1300ºC

INSTALACIONES PARA EL PINTADO DE PIEZAS DIVERSAS

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

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

ACEMSA
Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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

Iluminación | Ópticas | Cámaras | Frame Grabbers | Sistemas de Visión | Software

INFAIMON
SU ASESOR EN VISIÓN ARTIFICIAL

www.infaimon.com | infaimon@infaimon.com

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

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

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

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

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

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

Flexinox INDUSTRIAL
www.flexinox.com
ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECAMBIOS EN ACEROS REFRACTARIOS
TUBOS RADIANTES
MUFLAS
RETORTAS
UTILLAJES
CESTAS Y CRISOLES
CADENAS
REPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE HORNOS
(OBRAS REFRECTARIAS)
Representante para España de AUBE-LINDBERG
FILINOX, S.A.
C/ Sant Adrià, 76
08030 Barcelona
Tel.: 93 223 26 82
Fax: 93 223 26 87
customer@inoxidables.com

PYRO® CONTROLE
CHAUVIN ARNOUX GROUP
SSi SUPER SYSTEMS INC.
TKK EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., LTD.
HITECH INSTRUMENTS LTD
WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD.
주식회사 위너테크
- Sondas de oxígeno
- Analizadores de gases
- Pruebas de uniformidad de temp. AMS2750D, E y CQI9 r3
- Sondas de temperatura
- Videoregistradores
- Reguladores de temperatura
- Thyristores
- Resistencias CSi y MoSi2
- Automatización de hornos
ENTESIS technology
Galileu 313 baixos, E-08028 Barcelona
Tel. (+34) 93 410 54 54, Fax (+34) 93 419 97 33
www.entesis.net - e-mail:info@entesis.net

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

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

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

Interbil

Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

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

www.interbil.es

ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

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

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

S. A. METALOGRAFICA

DESDE 1949

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

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

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

Safe Cronite

L'esprit industriel

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

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

Hornos industriales para el tratamiento térmico

SOLO Switzerland

www.soloswiss.es

SOLO Swiss
CP 7127 - 2500 Bienne 7 - Suiza

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

COMERCIAL SATEC
SOCIEDAD LIMITADA

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

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

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

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

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

HÄRTETECHNIK BURGDORF OSMIROL NÜSSLE — CIEFFE — HSH HÄRTEREITECHNIK

Hornos industriales y estufas

Borel Swiss
Rouges-Terres 61 - 2068 Hauterive - Suiza

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

Borel Special Furnaces Switzerland

testo 350

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

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

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

We measure it. testo

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

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

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

SPECTRO
Driven to Discover

Espectrómetros para analizar metales

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

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

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

www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 44
ALD VACUUM 21
APLITEC 45
ARROLA 5
B.M.I. 45
BAUTERMIC 44
BOREL 47
COMERCIAL SATEC 47
DEGUISA 45
EMISON 45
ENTESIS 45
FIMM PERÚ 17
FISCHER 46
FLEXINOX 45
GIFA 11
HEA . . . . . Contraportada 4
HORNOS DEL VALLÉS 45
HOT-AICHELIN 11
INFAIMON 44
INSERTEC 47
INSTRUMENTOS TESTO 47
INTERBIL 3
LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS 31
METALMADRID . . . . . Contraportada 2
MTC 21
NAKAL 46
OERLIKON LEYBOLD VACUUM . . . 44
ONDARLAN 7
POMETON 44
PROYCOTECME 45
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 46
SAFE 15
SECO/WARWICK 44
SOLO . . . . . PORTADA
SPECTRO 47
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN . . . 13
TECNYMAT 19
TRATERMAT 9
WHEELABRATOR 46

Próximo número

SEPTIEMBRE

Nº Especial **TRATERMAT**.
Nº Especial PROVEEDORES. Hornos industriales.
Espectrómetros. Equipos de control. Quemadores.

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

¿Conoce nuestras revistas digitales?

Ventajas de las que puede beneficiarse:

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

Puede verlas en: www.pedeca.es/revistas

Solicítelas en: pedeca@pedeca.es

PEDECA Press Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

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

HEA

SINCE 1945

www.alferieff.com • hea@hornoshea.com