DISEÑANDO Y FABRICANDO
HORNOS Y ESTUFAS
INDUSTRIALES
DESDE 1945

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

CONSTRUYENDO FUTURO

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

HORNOS ALFERIEFF® HEA

Email: hornos@alferieff.com - www.alferieff.com

TRATER PRESS

DICIEMBRE 2010 • Nº 20

TRATER press

DICIEMBRE 2010 • Nº 20

REVISTA DEL TRATAMIENTO TERMICO

www.pedeca.es

Metall Technologie Holding

B.M.I.

El especialista en hornos para tratamientos térmicos al vacío

Temple gas y aceite

Revenido y recocido

Nitruración baja presión

Nitruración iónica

Cementación baja presión

Soldadura brazing

Sinterizado

MIM

APLITEC

APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L.
Apdo. 4952 - 48080 BILBAO - ESPAÑA
TEL.: 944 262 522 - FAX: 944 262 262
info@aplitec-tt.com: www.aplitec-tt.com
www.bmi-fours.com

ZARAGOZA
ESPAÑA-SPAIN

MATIC2011

FERIA
INTERNACIONAL
DE AUTOMATIZACION
INDUSTRIAL
INTERNATIONAL INDUSTRIAL
AUTOMATION EXHIBITION

10-12 MAYO/MAY
2011

Organiza/organised by:

Tel.(+34) 976 764 700
Fax (+34) 976 330 849

matic@feriazaragoza.es
www.maticexpo.es

FERIA DE ZARAGOZA

INFORMACIÓN DE CALIDAD

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

6 NÚMEROS ANUALES

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

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

5 NÚMEROS ANUALES

65 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

9 NÚMEROS ANUALES

115 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

6 NÚMEROS ANUALES

90 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

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

PEDECA *press* Publicaciones

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

Nuestra Portada

Hornos Industriales BMI (grupo MTH) representada desde hace más de 10 años por **APLITEC** en España, lleva más de 60 años diseñando y fabricando hornos industriales.
Desde los años 1980, BMI se ha especializado únicamente en la fabricación de hornos de vacío para aplicaciones diversas como temple gas y/o aceite, cementación baja presión, nitruración baja presión, soldadura brazing base nikel, soldadura aluminio, sinterizado, ... etc.

Igualmente apuntar que BMI dispone de un servicio técnico fiable y disponible para contestar a las demandas diversas de nuestros clientes.

APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L.
Apdo. 4952 - 48080 BILBAO - ESPAÑA
Tel.: 944 262 522
Fax: 944 262 262
info@aplitec-tt.com
www.aplitec-tt.com
www.bmi-fours.com

Sumario • Diciembre 2010 - Nº 20

Editorial 2

Noticias 4

Analizadores de los productos de la combustión • CIELFFA celebró su Congreso de 2010 en San Sebastián • MATIC y MOLDEXPO inician la comercialización de espacios • Azterlan presentó dos trabajos en Hangzhou • AZTERLAN inaugura nueva unidad de desarrollo e innovación.

Artículos

- Fórum de Arcas - *Por Juan Martínez Arcas* 8
- Las empresas Aerovision y Nivac, nuevos socios del Cluster aeronáutico y espacial vasco 10
- HANNOVER MESSE 2011 12
- Nuevos socios al Cluster aeronáutico y espacial vasco HEGAN 14
- Más de 41.000 profesionales visitaron MATELEC'10 16
- MIDEST y MAINTENANCE EXPO 2010, testigos de la recuperación de la industria 18
- TRATERMAT 2010 - *Por Rafael Rodríguez Trías* 20
- ANTEC, S.A. y Tecnalia participaron en el proyecto Forma0 23
- Comentario sobre el nuevo libro "Aceros de construcción mecánica y su tratamiento térmico. Aceros inoxidables" Volumen 2 - *Por Juan Martínez Arcas* 25
- Jornada "Claves de innovación en la Industria de Forja" - *Por Instituto de Fundición TABIRA* 26
- Algunas consideraciones sobre el tratamiento térmico y soldadura de los aceros inoxidables austeno-ferríticos. Aceros dúplex - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz* (†) 30
- Efecto de la velocidad de calentamiento sobre la evolución de la microestructura, durante el tratamiento de revenido por inducción en aceros de baja aleación - *Por M. C. Revilla, B. Calleja, J. M. Rodríguez Ibabe, B. López* 30

Guía de compras 45

Indice de Anunciantes 48

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

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

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

Redactor honorífico: José María Palacios

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

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

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

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

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

Asociación colaboradora
ASAMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

Cumplimos 3 años

Tres años hace que comenzamos nuestra andadura en TRATER Press y aunque han sido 3 años duros, sobro todo los dos últimos, no nos arrepentimos para nada.

Hemos conseguido ser la revista de referencia en el sector gracias a la inestimable ayuda de colaboradores, asociaciones y anunciantes, a los cuales estamos tremendamente agradecidos por el enorme apoyo recibido desinteresadamente.

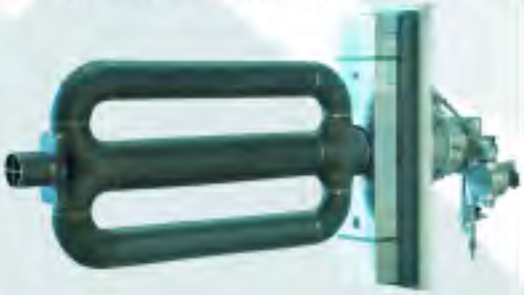
Esperemos que en 2011 la industria nacional comience su ascenso y podamos trabajar sin tanta incertidumbre. Tienen que crearse expectativas para que los mercados y las inversiones se realicen. De lo contrario no llega la tranquilidad para trabajar.

Y para terminar el año, desearles unas Felices Fiestas y un Próspero 2011.

Antonio Pérez de Camino

Hornos
Laboratorio e industriales

Quemadores
recuperativos y regenerativos



Reguladores de Potencia
a Tyristores:

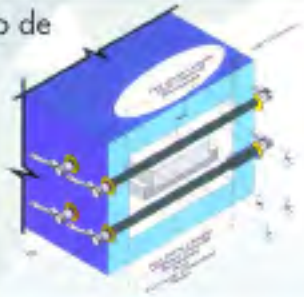
AEG
Power supply systems

Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic

Sonda Lambda

Carburo de Silicio



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

MoSi2 (Hasta 1800ºC)

Interbil

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

www.interbil.es

Analizadores de los productos de la combustión

Medir, medir, medir, medir... si no medimos no conocemos, y si no conocemos no mejoramos. Cada aplicación tiene sus particularidades y la gama de analizadores de los productos de la combustión (PdC's) de Testo aporta su conocimiento para facilitarle la elección. Desde la gama doméstica con los Testo series 327 y 330 LL hasta la gama industrial con los Testo series 325-I, 340, 350-S/-XL y 360 se plantean diferentes posibilidades de medición para ajustarse al máximo a sus necesidades: de uno a seis sensores de medición al mismo tiempo, software de gestión, variedad de sondas, protección de los sensores, comunicación por Bluetooth, cumplimiento de normativas, registro y muchas otras prestaciones.

Los analizadores de PdC's Testo son la herramienta perfecta para la toma de decisiones: mejorar la eficiencia o el rendimiento, ahorrar costes en combustibles, ajuste de aparatos a gas, cumplir con la legislación vigente, mantenimiento de instalaciones, etc. No importa donde se mida, en hornos, calderas, motores, quemadores, ciclos combinados, cogeneraciones, etc., la medición siempre será de una elevada fiabilidad.

Info 1

CIELFFA celebró su Congreso de 2010 en San Sebastián

El Comité Internacional de Estudio del Fleje celebró los días 4 y 5 de noviembre su Congreso Anual en el hotel Londres de San Sebastián, con la asistencia de UNESID en la organización. Los representantes de las empresas asociadas a CIELFFA, provenientes de Alemania, España, Francia, Reino Unido, Italia, Suecia, Austria y República Checa, celebraron en el marco incomparable de la bahía de la Concha las reuniones del Congreso durante el jueves día 4.

En ellas se eligió como nuevo Presidente al Doctor Rolf Jansen, de la empresa Bilstein, quien agradeció al Presidente ya saliente, D. Gerhard Tichler, el trabajo realizado.

Durante el Comité Técnico se expusieron interesantes soluciones tecnológicas a los actuales desafíos en la producción de fleje de acero laminado en frío.

El Comité Económico ofreció, por su parte, la opinión de los expertos sobre la situación actual de la economía europea y de la coyuntura del sector en particular.

Los participantes pudieron apreciar al día siguiente y gracias a la cortesía del Grupo Aranía, las factorías de Aranía en Amorebieta (Vizcaya) y de Aratubo en Vitoria, que dieron cuenta del importante desarrollo tecnológico del sector de la laminación en frío.

Info 2

MATIC y MOLDEXPO inician la comercialización de espacios

Desde el componente hasta la instalación llave en mano, MATIC y MOLDEXPO 2011 expondrán una completa oferta internacional en respuesta a la demanda de la industria, que cada día exigen mayores cotas de eficacia, rentabilidad y seguridad en sus procesos productivos.

ZARAGOZA ESPAÑA-SPAIN
MATIC 2011

La Feria Internacional de Automatización Industrial, MATIC, y el Salón Internacional de Moldes y Matrices, MOLDEXPO, abren el período de comercialización de stands y espacios para el mercado nacional e internacional. Una nueva convocatoria de dos ferias sectoriales claramente consolidadas que cuentan con el respaldo de las principales asociaciones y entidades del sector, que en esta fase están cerrando los acuerdos de colaboración con FERIA DE ZARAGOZA para garantizar el éxito de convocatoria.

Dos eventos industriales que aúnan toda la innovación y la tecnología disponible en materia de automatización y robótica, así como en la producción de moldes y matrices. Los días 10 al 12 de mayo de 2011, Zaragoza será el lugar de encuentro a ni-

MOLD EXPO
Feria Internacional de Moldes y Matrices

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

vel internacional donde las empresas y profesionales darán con la solución que necesitan en sus negocios en todas sus especialidades y segmentos.

Son numerosas las empresas que, ya antes del inicio formal de la comercialización, han solicitado información sobre ambas ferias para planificar su participación. Conscientes de la coyuntura económica actual, FERIA DE ZARAGOZA ha adaptado y mejorado sus precios y servicios para que las empresas rentabilicen su presencia en ambas ferias.

Info 3

AZTERLAN presentó dos trabajos en Hangzhou

AZTERLAN-Centro de Investigación Metalúrgica presentó recientemente dos trabajos científicos en el 69 Congreso Mundial de Fundición celebrado en Hangzhou (China) y que reunió a los máximos especialistas de fundición del mundo, venidos de centros tecnológicos, universidades y empresas.

Durante el Congreso, AZTERLAN presentó dos papers o ponencias: "La predicción microestructural de piezas de aluminio en diferentes condiciones de enfriamiento" y "La formación de grafito chunky en piezas de pared delgada de fundición de hierro esferoidal", esta última elegida una de las diez mejores ponencias del congreso, entre las más de 100 presentadas.

En la última edición del congreso celebrada en la India en 2008, AZTERLAN ya fue premiada por el Comité Técnico de la Organización Mundial de Fundición con la mejor ponencia del Congreso, de un total de 106 trabajos, por su ponencia "Fundiciones de hierro, herramientas avanzadas de predicción y control integral del proceso".

Esta edición, que ha contado con la asistencia de más de 500 congresistas de todos los países industrializados del mundo, se ha celebrado bajo el lema Green Foundry, siendo ésta una oportunidad única para participar en el desarrollo de una visión común para el futuro de la industria de Fundición.

Además, el congreso contó con un amplio programa de actividades, que incluía jornadas técnicas y visitas industriales, además de una feria de fundición, donde AZTERLAN ha presentado el sistema de predicción de calidad metalúrgica "Thermolan".

AZTERLAN es un Centro de Investigación Metalúrgica, con más 30 años de experiencia, donde 90 especialistas del sector metalúrgico trabajan en dar respuesta a los requerimientos de sectores como automoción, eólico, etc.

Info 4

Lourdes Vega, recibe el premio Físico de Excelencia

La doctora Lourdes Vega, directora de I+D de Carburos Metálicos y de MATGAS, un centro de excelencia en CO_2 y sostenibilidad que está investigando y desarrollando diversos proyectos para un uso sostenible de este gas, ha recibido el galardón Físico de Excelencia como reconocimiento a la excelencia profesional en ciencias y tecnologías físicas.

Este premio es otorgado por el Colegio Oficial de Físicos y cuenta con el apoyo de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Con esta distinción colegial se destaca a aquellos Físicos/as que han alcanzado un nivel excelencia en distintas modalidades del ejercicio de dicha profesión. En esta primera edición se ha prestado especial atención a las Ciencias y Tecnologías Físicas con mayor vinculación al Medio Ambiente.

El acto de reconocimiento se ha celebrado dentro del 10º Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), donde se ha destacado la trayectoria profesional y contribución científica de Lourdes en distintos ámbitos relacionados con el medio ambiente.

Como directora de I+D de Carburos Metálicos y de MATGAS, Lourdes Vega lidera varios proyectos que están demostrando la viabilidad de emplear el dióxido de carbono procedente de las emisiones industriales para usos sostenibles. Ejemplo de ello son las investigaciones para utilizar el CO_2 en el cultivo de algas, que posteriormente se convierten en biomasa, la carbonatación de las cenizas resultantes de la combustión de producir cementos y que éstas se puedan usar en la construcción de carreteras, su uso en el tratamiento de aguas residuales o en la producción de nuevos materiales para diversas aplicaciones. Así mismo desde MATGAS se trabaja en el uso de hidrógeno en pilas de combustible, así como en la producción de hidrógeno a partir de fuentes sostenibles.

Info 5

MOLD EXPO

Feria Internacional de Moldes y Matrices
International Mould and Die Exhibition

10-12 MAYO/MAY
2011

ZARAGOZA
(SPAIN)

Organiza/organised by:

Tel (+34) 976 764 700
Fax (+34) 976 330 649

moldexpo@feriazaragoza.es
www.moldexpo.es

FERIA DE ZARAGOZA

Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas

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

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

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

De acuerdo con lo dicho en el Fórum de la anterior revista (TRATER-Press nº 19):

Se han recibido varias aportaciones y referentes al capítulo "Deformaciones" indicando que en los números 7 y 8 de noviembre y diciembre 2008 respectivamente, se exponía de forma clara la importancia de los precalentamientos hasta la temperatura de temple (creo que es interesante revisar dichos números).

Como decíamos, la temperatura 1.020 °C es la más utilizada. Una vez alcanzada ésta, la mantendremos durante 30 minutos (15 minutos si la temperatura es 1.050 °C).

Después de que el centro de la pieza o molde haya alcanzado dichas temperaturas, el control como ya se ha dicho lo realizaremos a través de una sonda situada en el interior del molde (aprovechando sus circuitos o canales de refrigeración).

Enfriamiento: Después de la austenización los moldes deben ser enfriados, para ello existen varios mecanismos que producen diferentes morfologías de micro estructuras, en función de las velocidades de enfriamiento, sea en continuo o bien con procedimientos isotérmicos.

En la figura 2 veremos el diagrama de transformación por enfriamiento continuo (CCT) con diferentes curvas de enfriamiento (tiempo en segundos y durezas HV/10 correspondientes a las 10 curvas).

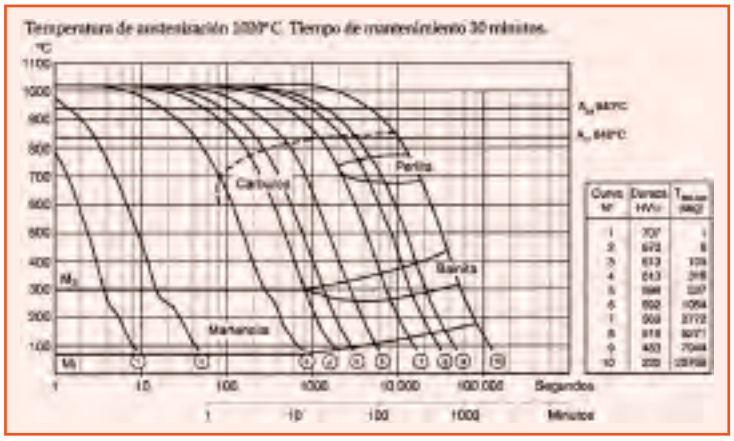


Fig. 2. Diagrama de Transformación por enfriamiento continuo (CCT).

Hemos de tener en cuenta que el hecho de enfriar con estos aceros (H13), no significa sumergir el molde en aceite o agua.

Generalmente se utiliza gas-nitrógeno (a veces, aunque está en desuso baños de sal, o un lecho fluidizado de polvo refractario y gas reductor).

En el caso del acero que nos ocupa (H13) PODEMOS DECIR QUE LA RESISTENCIA DEL ACERO AUMENTA 2, ó 3 VECES, SI LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO ES SUPERIOR A LOS 11 °C POR MINUTO DURANTE EL TEMPLE.

Nota: Seguiremos con este interesante tema en el próximo número.

Tras nuestro cierre de la actividad de automoción, ponemos varios hornos a la venta

Los hornos que tenemos a la venta son:

Nº MÁQ.	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	POTENCIA	AÑO de COMPRA
MQ620102	HORNO DE CEMENTACIÓN	G-12 GUINEA	CNGH-E2	85,0 KW	1998
MQ620105	HORNO DE CEMENTACIÓN	G-14 GUINEA	CNGH-E2	85,0 KW	1998
MQ620201	HORNO DE CEMENTACIÓN	IPSEN	TQF-4(5)EM	74,0 KW	1991
MQ620202	HORNO DE CEMENTACIÓN	TEM CIEFFE	LLF 4/E-P		2002
MQ624301	HORNO DE REVENIDO	GUINEA	HHVF	55,0 KW	1998
MQ624302	HORNO DE REVENIDO	GUINEA	HHVF	55,0 KW	1998
MQ625201	HORNO DE REVENIDO	GUINEA	SNK-2		1998
MQ625501	HORNO DE SOLERA	ALFERIEFF	SG-50	50,0 KW	1998
MQ625502	HORNO DE SOLERA	GUINEA	SG-55	55,0 KW	1998
MQ625504	HORNO DE SOLERA	AICHELIN	AICHELIN		2004
MQ627003	HORNO NITRURACIÓN	GUINEA	BN-5-2	30,0 KW	
MQ628201	HORNO DE REVENIDO	GUINEA	CN GH2-BNS	30,0 KW	
MQ628202	HORNO DE REVENIDO	S.F.B.			2004
MQ624701	HORNO DE REVENIDO	IWK (ENCASQUILLADO)			

MQ625504 - HORNO DE SOLERA AICHELIN: El horno solero AICHELIN tiene sistema automático de carga y 24 sectores giratorios. Año 2004.

MQ620202 - HORNO DE CEMENTACIÓN CIEFFE / LLF 4/E-P: El tipo de calentamiento es eléctrico y con resistencias. Año 2002.

MQ620201 HORNO DE CEMENTACIÓN IPSEN / TQF-4(5)EM. El tipo de calentamiento es eléctrico y con resistencias. Año 1991.

MQ620102 / 05 HORNO DE CEMENTACIÓN GUINEA12 y 14 CNGH-E2. El tipo de calentamiento es eléctrico y con resistencias. Año 1998.

MP Componentes Mecánicos

Pol. Ind. Calonge, C/ Metalurgia, 5. 41007 Sevilla

Carmen Quintero Calderón

CQC@mpcorporacion.com

Las empresas Aerovision y Nivac, nuevos socios del Cluster aeronáutico y espacial vasco

El Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco, HEGAN, ha incrementado su capacidad tecnológica y de cooperación con la reciente incorporación de las empresas Aerovision y Nivac. HEGAN pasa así a contar con un total de 37 entidades asociadas, que operan en toda la cadena de suministro, desde las áreas de fabricación de estructuras, motores, espacio, sistemas y equipos y aeronaves, a las de ingeniería, diseño, software de gestión y producción, ensayos y mantenimiento.

La compañía guipuzcoana Aerovision se centra en el diseño y fabricación de sistemas aéreos no tripulados de pequeña dimensión, más conocidos como UAV o UAS. Se trata de sistemas aéreos de teledetección y vigilancia, con capacidad para recoger y transmitir videos o imágenes infrarrojas a una estación de control terrestre. Los sistemas están compuestos por un avión de 3 metros de envergadura y 20 kilogramos de peso, con un vuelo previamente programado, así como la lanzadera, una estación en tierra para el control e intercambio de datos, antenas y la red de aterrizaje.

Tras comenzar la producción en 2008, el pasado año vendió el sistema Fulmar con dos aviones a una compañía privada de Malasia participada por el Gobierno para realizar el control y vigilancia de las costas fronterizas de la isla de Borneo. Las aeronaves operan desde el pasado mes de febrero con resultado muy satisfactorio, a pesar de las difíciles condiciones meteorológicas del trópico.

Ahora Aerovision acaba de adjudicarse la fabricación de un tercer avión, cuya fabricación está ya en marcha y se entregará en octubre. El parque de este país podría ampliarse próximamente con nuevos UAV vascos con sucesivas aplicaciones de control y vigilancia de la pesca ilegal y las talas ilegales de su valiosa masa forestal, compuesta por bosques de palmeras que generan biodiesel y caucho. La entrada en este mercado supone una fórmula de pene-

Versión Fulmar de Aerovision para aterrizaje en el mar.

tración en otros departamentos institucionales, así como en todo el mercado asiático, a través de proveedores locales con los que ya se han firmado acuerdos de distribución.

Por otra parte, Aerovision participa en dos proyectos de I+D dentro del VII Programa Marco en cooperación con otros socios del Cluster HEGAN. En el proyecto Cenit Atlántida, liderado por Boeing, colabora con Aernnova y empresas y centros tecnológicos europeos en el desarrollo de tecnologías de gestión del tráfico aéreo. El proyecto cuenta con una duración de cuatro años y una financiación de 30 millones de euros y acabará el próximo diciembre. La contribución de Aerovision consiste en la aportación de un sistema completo y cuatro aviones no tripulados destinados a estudiar el comportamiento de las aeronaves en la fase de aterrizaje, de modo que no se ponga en peligro la vida de pasajeros ni la integridad de grandes aeronaves.

En el proyecto europeo WIMAAS, liderado por la francesa Thales, colabora con Sener y otros socios europeos en el consorcio para definir un sistema integral de vigilancia de fronteras marítimas y de grandes extensiones en el mar. El sistema está integrado por sensores embarcados en aeronaves, UAVs, estaciones de fusión de datos de sensores, centro de mando y control e infraestructuras de telecomunicaciones.

Por su parte, Nivac se creó en el año 2000. Pertenece al grupo alavés de tratamientos térmicos Imesaza, empresa con más de 40 años de experiencia en el sector, que ha iniciado el proceso de potenciar su filial de tratamientos térmicos al vacío (temple en gas y aceite y nitruración). Nivac, empresa en continuo crecimiento, cuenta con hornos de última generación para todos sus procesos y ha puesto en marcha una nueva instalación de temple en gas, con posibilidad de alto vacío de hasta 10x10-6 mbar, destinada a piezas de gran tamaño. El horno cuenta con una dimensión útil de 1.500 x 1.500 mm y está certificado clase 2 según AMS 2750. Estas certificaciones se están trasladando al resto de sus instalaciones, consiguiendo todas ellas la certificación como clase 1 y/o 2 según AMS 2750.

Nivac trabaja actualmente para numerosas empresas del Cluster de Aeronáutica y espacio HEGAN y empresas del sector aeronáutico de Francia y continúa desarrollando su red comercial de atención a este sector.

HANNOVER MESSE 2011
(4-8 de abril de 2011)

El tema aglutinador de HANNOVER MESSE 2011 reza "Smart Efficiency". Siguiendo este lema, las empresas de las 13 ferias monográficas internacionales presentan del 4 al 8 de abril de 2011 las tecnologías clave de la industria mundial. "Desde hace años, la eficacia en los más diversos ámbitos es el tema dominante en la industria. Pero programar los procesos industriales implica mucho más: se trata de conectar y usar de manera inteligente potenciales individuales de eficacia. Smart Efficiency interconecta concretamente los ámbitos de la eficacia de costes, procesos y recursos. Es la interconexión inteligente la que permite a las empresas posicionarse en el mercado a largo plazo, manteniendo la competitividad a nivel mundial", afirma el Dr. Wolfram von Fritsch, presidente de la junta directiva de Deutsche Messe AG. "En concreto esto significa hacer uso de los materiales y de la energía protegiendo los recursos naturales, optimizar los procesos de producción y gestionar los costes de modo eficaz", añade von Fritsch.

Sólo HANNOVER MESSE reúne las tecnologías relevantes a lo largo de la cadena industrial de valor añadido. HANNOVER MESSE se centra en las innovaciones y los desarrollos, en los nuevos productos y tecnologías, en materiales y procesos eficaces. Presentando los núcleos temáticos de la automatización industrial, las tecnologías energéticas, la subcontratación y los servicios industriales, así como las técnicas de transmisión y de fluidos, HANNOVER MESSE refleja las tendencias centrales de los ramos de las mencionadas industrias.

"En primavera de 2011 ocuparemos todo el recinto ferial de Hannóver con nuestras 13 ferias clave internacionales. El visitante podrá ver una presentación de los ramos industriales potente e internacional. Hoy ya estamos registrando en las distintas secciones un elevado nivel de inscripciones. Este desarrollo nos muestra que HANNOVER MESSE llega en el momento oportuno en una fase de incipiente auge económico y que en 2011 vamos a experimentar un evento muy poderoso", afirma von Fritsch.

Pronósticos de crecimiento positivos para la industria

Las empresas industriales han aprovechado la difícil época económica, presentándose en el mercado mundial con nuevos productos y soluciones. "Contamos con que el año que viene se presentarán en HANNOVER MESSE más de 4.500 innovaciones. Las empresas expositoras van a mostrar una vez más de manera impresionante que para los desafíos centrales y globales del futuro ya existen soluciones altamente inteligentes", afirma von Fritsch.

Según indica la Asociación Alemana de Fabricantes de Maquinaria e Instalaciones e.V. (VDMA), de Fráncfort del Meno, la construcción de maquinaria crecerá en 2010 un seis por ciento en todo el mundo y en 2011 un ocho por ciento más. La Asociación Central de la Industria Electrotécnica y Electrónica e.V. (ZVEI), de Fráncfort del Meno, estima asimismo que el mercado electrónico mundial crecerá un seis por ciento en 2010 y 2011 respectivamente. Von Fritsch: "En HANNOVER MESSE el auge coyuntural adquirirá mayor dinamismo, confiriendo a los ramos importantes impulsos, pues las ferias son indicadores precoces de los futuros desarrollos en los distintos ramos. Los expositores tienen la oportunidad de establecer nuevos contactos de negocios internacionales en Hannóver, dando así mayor estabilidad y sostenibilidad a su crecimiento."

ferroforma '11

La Ferroforma que quieren todos

Ferroforma es tu Feria.
El punto de encuentro
más importante del año.
Por eso te ofrecemos
nuevas herramientas
a tu servicio.
Una financiación al 0 %, importantes descuentos y muchas más ventajas para que vender te resulte más fácil que nunca.
Lo que todos queremos.

www.laferroformaquequierentodos.eu

ferroforma bricoforma '11
BILBAO
23 > 26 MARZO

B! E! C! BILBAO EXHIBITION CENTRE

www.bilbaoexhibitioncentre.com

EXPOSSIBLE!

COMERCIAL
SATEC
SOCIEDAD LIMITADA

EXCELENCIA EN TRATAMIENTO TÉRMICO

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

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

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

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

Nuevos socios al Cluster aeronáutico y espacial vasco HEGAN

El Comité ejecutivo del Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco, HEGAN, ha aceptado como nuevos socios a las empresas Industrias Metalúrgicas Galindo, Ingemat y LTK, de forma que se eleva a 40 el número de grupos empresariales que lo integran. El crecimiento y diversificación del sector, que se viene apreciando en los últimos años, ha propiciado la entrada de nuevas compañías y actividades en este sector.

La integración de estas tres nuevas empresas en HEGAN les permitirá tomar parte en los programas de cooperación, innovación y promoción internacional en los que participa la asociación cluster. Los nuevos socios incrementan, por su parte, la capacidad tecnológica del cluster y amplían la cadena de suministro desde los áreas de fabricación, a la ingeniería, diseño, software de gestión y producción, ensayos, mantenimiento, automatización y logística.

Entre los nuevos socios se encuentra LTK, compañía ubicada en Vitoria, Madrid, Albacete, Sevilla y Cádiz y especializada en actividades de logística y transporte –fundamentalmente para la industria aeronáutica–, que se convierte así en la primera empresa con actividades logísticas del cluster. Según Jesús Aznar, Director general de la compañía fundada en 2002 “entre las ventajas de ser miembro de HEGAN está el poder participar en un grupo de conocimiento y productivo que nos permitirá ser más competitivos, impulsar programas de innovación y coordinar recursos y procesos”.

LTK cuenta con 170 empleados y durante el pasado ejercicio alcanzó una facturación cercana a los doce millones de euros.

Por su parte, Ingemat, ingeniería de automatización y robótica especializada en la gestión integral de proyectos, se ha introducido en la industria aeronáutica este mismo año a través de dos relevantes contratos que le permiten participar en la fabricación del nuevo avión Airbus A350.

El primero de los proyectos, en consorcio con Sisteplant y Dismodel, consiste en el suministro para el grupo Alestis –integrado asimismo en el cluster HEGAN– de la ingeniería e integra-

ción de las gradas de montaje y los útiles de remachado para el ensamblaje de la estructura de la belly fairing o panza del avión, una estructura de 170 metros cuadrados, que se construirá en la planta de Alestis en Puerto Real (Cádiz). El consorcio suministrará asimismo 81 útiles de remachado y siete gradas de ensamblaje para armar la estructura de la panza.

El segundo contrato de Ingemat, destinado en este caso al grupo Aciturri –otro socio del Cluster aeronáutico y espacial vasco– consiste en el suministro llave en mano de un volteador automático y flexible para la manipulación y desmoldeo de componentes del estabilizador vertical del A350.

Al mismo tiempo que participa en uno de los principales proyectos aeronáuticos de la industria aeronáutica europea como es el Airbus A350, "Ingemat se ha unido a HEGAN para potenciar su actividad en el sector aeronáutico y espacial y dar más valor a sus clientes, accionistas y empleados. Igualmente, pretendemos contribuir al desarrollo del sector aeroespacial vasco con nuestro saber hacer en automatización y optimización de procesos y gestión integral de proyectos en cualquier parte del mundo", según refiere Mikel Imaz, coordinador ESC de aeronáutica del grupo.

También Industrias Metalúrgicas Galindo proyecta consolidar su actividad en el sector aeronáutico con su entrada en HEGAN. La compañía de Mungía lleva seis años trabajando en el montaje y construcción de utillaje para carcasas de turbinas aeronáuticas. Prueba de su experiencia es su participación durante este periodo de tiempo en utillajes en el área de motores para el Trent 1000 (que equipará el Boeing 787 Dreamliner), el TP400 (A400M) y el Trent XWB (A350).

Su incorporación en el Cluster, como asegura Juan Galindo, Director general de la compañía, "nos permitirá asentarnos en el sector, con el acceso a la fabricación de componentes aeronáuticos", La compañía ha adquirido recientemente equipos de medición tridimensional y un torno vertical de dos metros de diámetro, con el fin de fabricar componentes aeronáuticos, que aportan un mayor valor añadido al utillaje.

Más de 41.000 profesionales visitaron MATELEC'10

MATELEC, Salón Internacional de Material Eléctrico y Electrónico, cerró su décimo quinta edición, el pasado 29 de octubre, en la Feria de Madrid, con un positivo balance. Un total de 48.103 profesionales pasaron por el certamen, que congregó a 1.952 empresas y firmas representadas, procedentes de 30 países.

Además, el salón recibió la asistencia de 7.153 estudiantes de Formación Profesional, reafirmando así el compromiso del salón con la formación y el futuro laboral de los jóvenes.

Unas cifras que se elevan hasta los 48.103 visitantes profesionales, 1.396 empresas representadas y 678 participantes directos, dada la celebración simultánea con el Salón de la Ferretería, Bricolaje y Suministros Industriales, FERREMAD, llegando a ocupar una superficie neta expositiva de casi 30.000 metros cuadrados en la Feria de Madrid.

Una de las notas más destacadas volvió a ser el fuerte posicionamiento internacional de MATELEC, que contó con la participación de 174 firmas extranjeras, procedentes de 30 países, y de 3.319 profesionales extranjeros, originarios de 91 países, los más numerosos fueron de Portugal, Italia, Túnez, Marruecos, Francia, Alemania e Iberoamérica.

Precisamente esa significativa dimensión internacional del certamen es uno de los factores más apreciados por los empresarios, junto con el mayor nivel, calidad y profesionalidad observados en esos visitantes.

En cuanto a la presencia de profesionales nacionales, Madrid fue la comunidad más representada, con un 57,9%, seguida por Castilla La Mancha, Cataluña, Castilla y León, Andalucía y Valencia.

Atendiendo a los sectores, los que mayor interés despertaron fueron los de Energía Eléctrica, con un 25,70%; seguido del de Iluminación y Alumbrado (20%); Tecnología de la Instalación Eléctrica (17,33%); Electrónica y Equipamiento Industrial (17,30%); Inter y Telecomunicación (13,74%), y FERREMAD'10 (5,94%).

Junto a la exposición comercial, MATELEC volvió a acoger un intenso programa de jornadas técnicas, que sirvieron para que los profesionales pudieran realizar una puesta al día.

Eficiencia energética, la piedra angular

Destacó también el Primer Congreso de Eficiencia Energética Eléctrica, e3+, al que acudieron más de 500 profesionales. Un éxito que ha llevado a que la Dirección General de Industria de la Comunidad de Madrid haya confirmado la celebración de la próxima edición también en el marco de MATELEC, en 2012.

Los ponentes dibujaron una radiografía del sector, conscientes de que la eficiencia y la adecuada gestión energética corre en paralelo con la productividad y el bienestar ya alcanzados por nuestra sociedad.

Gonzalo Sáenz de Miera, Presidente de la Asociación Española de Economía de la Energía, indicó

en su discurso que el modelo energético actual es insostenible, siendo la Eficiencia Energética una piedra angular en la sostenibilidad del sistema.

AFME, compromiso de la industria por la Eficiencia Energética

Entre las actividades realizadas por la Asociación de Fabricantes de Material Eléctrico, AFME, dentro de MATELEC, destacó la presentación del libro "Contribución del Material Eléctrico a la Eficiencia Energética de las Instalaciones", que contó con la presencia de Carlos Esteban, Presidente de AFME; Andrés Carasso, Secretario General-Gerente de la asociación, y Ramón Naz, Director General de AENOR.

Un documento que expone el compromiso de toda la industria con la eficiencia y que fue apoyado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, IDAE.

Gestión ambiental y sostenibilidad, claves de futuro

La Asociación Nacional de Auditores y Verificadores Ambientales, ANAVAM, convocó el IX Foro Nacional de Gestión Ambiental y Sostenibilidad.

La cita profesional dejó patente la importancia vital que tiene reinventar nuestro modelo productivo y energético para ser sostenibles, y más en un contexto de mercado como el actual.

Así mismo, cabe reseñar una vez más el apoyo y confianza mostrados por las principales asociaciones de este segmento económico representadas en el Comité Organizador, así como de las empresas que han expuesto en una convocatoria, que ha contado con la visita del colectivo empresarial y profesional del mercado eléctrico y electrónico, y que ha contribuido a crear nuevas sinergias y nuevas oportunidades de mercado.

MIDEST y MAINTENANCE EXPO 2010, testigos de la recuperación de la industria

MIDEST 2010 reunió 1.710 subcontratistas, empresas muy pequeñas, Pymes o grandes líderes procedentes de 37 países y especializados en la transformación de metales, plásticos, caucho y composites, electrónica y electricidad, microtécnicas, tratamientos de superficies y acabados, fijaciones industriales y servicios para la industria. Esto supone un incremento del 3% de la superficie de exposición y del 1,5% del número de expositores respecto al año anterior. Estos buenos resultados se explican por la recuperación, aunque medida, de la actividad de subcontratación y la voluntad de numerosos expositores de mostrar con ocasión del evento de referencia de su profesión, que siguen ahí y están más presentes que nunca.

Y acertaron: el número de visitantes también creció un 1,8% con 40.424 profesionales procedentes de 74 países.

Los expositores en su conjunto destacaron la calidad de los contactos entablados con éstos, tanto si acudían para encontrarse con sus proveedores, para encontrar nuevos y/o para mantenerse informados de la evolución del mercado, de sus técnicas y de sus productos.

Como complemento, MAINTENANCE EXPO presentaba en 1.500 m², los productos y servicios de unos cuarenta expositores, entre los cuales numerosos GMAO y herramientas de ayuda para el diagnóstico. Más de 3.000 profesionales acudieron a visitarlos y 6.000 visitantes de MIDEST aprovecharon su desplazamiento para descubrir la oferta en mantenimiento, esencial para su actividad.

Una edición voluntariamente animada

Con ocasión de su cuadragésimo aniversario, MIDEST 2010 tenía que ofrecer aún más animaciones a sus expositores y visitantes.

El salón fue inaugurado el día 2 de noviembre por Christian Estrosi, Ministro de Industria, quien hizo balance de la situación actual de las diferentes medidas de apoyo a la industria francesa en general y a la subcontratación en particular, ámbito del que el gobierno ha hecho una de sus prioridades.

En la entrada los visitantes tenían a su disposición un folleto gratuito que recreaba la historia del salón apoyándose en numerosos testimonios y algunos hitos cronológicos industriales. El 3 de noviembre también se entregaron quince Trofeos especiales a las empresas presentes desde los orígenes y a los países que no han faltado a ninguna de las 40 ediciones, dos países han sido galardonados con este premio especial, Túnez y España. El premio otorgado a España lo recogió el Consejero Económico y Comercial, Antonio Gómez-Crespo, acompañado por el representante de la Cámara de Gipuzkoa, Íñigo Usandizaga.

Esta entrega tuvo lugar después de una mesa-redonda que reunió grandes nombres del mundo de la industria sobre el tema “subcontratación 2020: evoluciones y oportunidades”. Yvon Jacob, Embajador de la industria; Jean-Claude Volot, Mediador de las relaciones inter-empresariales industriales y de la subcontratación; Jérôme Frantz, Presidente de la Federación de Industrias Mecánicas; Bruno Estienne,

Presidente de la Federación de la Plasturgia; Guy Métral, Presidente de la Cámara de comercio e industria de Alta Saboya y Jean-Claude Monier, Presidente de MIDEST y del CENAST (Centro Nacional de la Subcontratación) tuvieron la oportunidad de debatir con pasión y optimismo sobre el futuro del sector.

Los dos mediadores también animaron dos conferencias entre las sesenta que se celebraron durante el salón y que trataron entre otros, el tema destacado este año, el sector ferroviario, ámbito motor del sector. En total, fueron 941 personas las que asistieron a las conferencias, un número mayor que en 2009. Las conferencias flash del CETIM, intervenciones de unos quince minutos en torno a una veintena de temas tecnológicos, también cosecharon un gran éxito.

En su quinta edición, los Trofeos MIDEST permitieron a los profesionales descubrir a una docena de expositores galardonados por sus logros y conocimientos destacables a través de cinco grandes categorías: Oficina de proyectos (ALOATEC), Innovación (BELMEKO, CODICA CABLES TRANSMISSIONS, COFICE SAS, DSI PLASTICS, FTV RDO ALPHA), Internacional (BARON), Organización (GARDETTE INDUSTRIE, GIE TEGMA) y Realizaciones ejemplares (ADDIX SAS, ARS, FONDERIE VINCENT).

Animados por expertos del CETIM (Centro Técnico de las industrias mecánicas), del CTIF (Centro de desarrollo de las industrias de conformación de materiales – Fundición) y del LRCCP (Laboratorio de investigación y control del caucho y los plásticos), los Polos Tecnológicos aportaron a los visitantes valiosas informaciones sobre las técnicas y procesos innovadores.

Los Villages siguen cosechando un éxito creciente: a los siete ya presentes en 2009 (Fundición, Tratamientos de los materiales, Conformación de metales, Plásticos, Forja, Fijación europea y Electrónica) se añadieron este año dos nuevos, Mecanizado & Máquinas especiales y Caucho.

Para concluir, MIDEST fue la ocasión de lanzar oficialmente EMERGENCE INDUSTRIE, el certamen marroquí que se celebrará del 17 al 20 de mayo de 2011 en el Recinto Ferial de Casablanca (OFEC), destinado a convertirse en la cita anual imprescindible de la industria en ese país. En efecto, reunirá SISTEP MIDEST, único salón profesional marroquí dedicado a la subcontratación industrial y MIMA, creación complementaria, salón internacional de la maquinaria, equipamiento y servicios para la industria en este país.

TRATERMAT 2010

Por Rafael Rodríguez Trías

Dos años y medio parecen mucho tiempo cuando todavía apenas han pasado unos minutos. Esta fue la sensación que tuvimos en Valencia, en Marzo de 2008, cuando el Comité del XI Congreso TRATERMAT nos pasó el testigo para que AIN se encargara de organizar la duodécima edición. A toro pasado, y de toros algo entendemos en Pamplona, hay confesar que poco faltó para que nos pillara. Pero creo que, como en nuestros encierros, hemos podido hacer una bonita carrera y conducir a los morlacos hasta la plaza lo más limpiamente posible.

En AIN, por muchas razones, recibimos con gran alegría la invitación a organizar el TRATERMAT 2010. En primer lugar, el primer nombre de nuestro Centro Tecnológico, allá por 1963, fue "Asociación de la Industria Navarra para la Investigación Metalúrgica". Además, en 2010, celebramos los 20

años de actividad en Ingeniería de Superficies, actividad en la que debutamos con los tratamientos por Implantación Iónica y Recubrimientos PVD. A esto hay que añadir que AIN ha participado en todos los TRATERMAT desde 1995, presentando un total de 32 comunicaciones. Finalmente, es la primera vez que el Congreso venía a Navarra, por lo que nos ilusionaba especialmente ser los anfitriones.

El tiempo en Pamplona es bastante impredecible. A pesar de todo, el otoño suele ser más seco, por lo que se eligió el mes de Octubre como el más adecuado. La sede del Hotel Iruña Park nos pareció lo suficientemente céntrica y bien comunicada como para garantizar la comodidad de los asistentes. Y además permitía montar la exposición comercial en las mismas puertas del salón del congreso.

El acto de apertura corrió a cargo del Consejero de Innovación, Empresa y Empleo del Gobierno de Navarra, D. José Mª Roig, de la Concejala de Hacienda

Local, Comercio y Turismo del Ayuntamiento de Pamplona, Dña. Ana Pineda y de los máximos representantes de AIN: el presidente del Consejo Rector – y Presidente de Honor del Congreso – D. José Mª Zarranz, y el Director General de AIN D. José Miguel Zugaldía.

En el Congreso se presentaron un total de 32 ponencias orales más 4 invitadas, que cubrieron la práctica totalidad de temas relacionados con los tratamientos térmicos y de superficies: tratamiento de materiales férreos y no férreos, equipos, simulación, tratamientos termoquímicos, láser, recubrimientos CVD y PVD, etc. Las cuatro ponencias invitadas, a cargo de José Manuel Torralba (Universidad Carlos III), Iñaki Fagoaga (INASMET), Xerman de la Fuente (ICMA-CSIC) y José Mª Albella (ICMM-CSIC) versaron, respectivamente, sobre tratamiento de aceros sinterizados, proyección térmica, tratamientos láser y recubrimientos carbonáceos por PVD.

A las ponencias orales hay que añadir una veintena de posters hasta completar los 53 trabajos recopilados en el libro de actas.

Al Congreso han asistido un total de 140 personas, lo que se ha considerado más que satisfactorio para una época de crisis. Hay que destacar, así mismo, la presencia de 16 empresas expositoras y espónsores: AFE, AICHELIN, ARROLA, BIOMETA, FISCHER, HORIBA, HOT, INSERTEC, IPSEN, MONOCOMP, NEURTEC, PRAXAIR, SATEC, SECO-WARWICK, SCHUNK y TTC.

El Congreso estuvo animado y las discusiones técnicas se prolongaron más allá de las sesiones. El programa social contribuyó a facilitar la comunicación entre asistentes. Los actos programados incluyeron una recepción en el Salón del Trono del Palacio de Navarra, la cena de gala en el Castillo-palacio de Gorraiz y las visitas al Centro de Ingeniería de Superficies de AIN y a la bodega Señorío de Otazu.

La clausura del Congreso estuvo precedida de la tradicional mesa redonda en la que participaron Dª María Luisa Castaño, Subdirectora General de Estrategias de Colaboración Público-Privadas, Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), D. Javier García Serrano, Jefe del Departamento de Energía, Química, Medioambiente, Productos y Servicios, Dirección de Mercados Innovadores Globales, Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), D. Juan José de Damborenea González, Vicepresidente Adjunto de Areas Científico Técnicas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y D. Rafael Muguerza Eraso, Director del Servi-

cio de Innovación y Sociedad de la Información, Departamento de Innovación, Empresa y Empleo del Gobierno de Navarra. Se pudieron discutir las oportunidades abiertas por el programa INNPACTO y por la nueva organización del CDTI en relación con el I+D+i en Materiales.

Ahora, una vez pasado el Congreso, es el momento de hacer balance y hay que empezar por agradecer, desde AIN, a todas las personas e instituciones que han hecho posible el éxito de esta edición del TRATERMAT: en primer lugar a todos los ponentes, moderadores, asistentes y empresas expositoras que han mostrado un interés renovado por el congreso. A las autoridades locales y nacionales que nos han acompañado, así como a las instituciones que nos han dado su apoyo: Ministerio de Innovación, Gobierno de Navarra, INGESNET, grupo editorial PEDECA (editora de las revistas TRATER Press y SURFA Press), etc. Y finalmente, y este es un agradecimiento muy personal, al resto del comité organizador y a todos los veteranos del TRATERMAT que nos han asistido en todo momento con su consejo y experiencia para que esta nueva edición estuviera a la altura de las anteriores.

En este sentido quiero terminar estas líneas con el recuerdo del pequeño homenaje que tuve ocasión de hacer personalmente a nuestro querido colaborador y amigo, Félix Peñalba, de INASMET, a quién en los brindis de la cena de gala entregamos un pequeño detalle, una escultura representando un ochote marinero, símbolo de algunas de sus pasiones como la música y el mar, en reconocimiento de tantos años de dedicación a la metalurgia y a la organización del TRATERMAT. No te relajes, Félix, ¡contamos con tu ayuda durante muchos más años, de aquí en adelante!

Y nada más, adelantar por último que la próxima edición del TRATERMAT está prevista para Mayo de 2013 y se celebrará en Barcelona, organizada por el CTM-Centre Tecnologic. Mis mejores deseos y todo nuestro apoyo para esta XIII edición.

Impresiones sobre la XII Edición del TRATERMAT

Una vez concluido el TRATERMAT 2010, son muchas las reflexiones suscitadas por el número y calidad de las contribuciones. En primer lugar hay que decir que se ha observado un repunte de la asistencia, en cualquier caso por encima de las previsiones hechas para un año de crisis. 140 inscritos, sin tener en cuenta comerciales, es un magnífico resultado, como lo es el número de empresas expositoras y colaboradoras. Lo interpretamos como un síntoma de salud del sistema Ciencia-Tecnología-Empresa y una señal de esperanza en un sector bastante castigado por el parón industrial.

Un segundo dato interesante es la presencia creciente de contribuciones sobre tratamientos superficiales. Han supuesto una buena mitad de las sesiones orales y más de la mitad de los trabajos recogidos en el libro de actas. Recubrimientos por proyección térmica y PVD, así como el papel creciente del láser remarcan un cambio de tendencia, ya iniciado hace una década.

Merece también la pena reflexionar sobre la filiación de los participantes: a la alta tasa de fidelización que tiene este congreso, se añade una presencia creciente de grupos provenientes de centros tecnológicos y universidades, con un interés muy marcado en la investigación aplicada. La participación de nuevos grupos y de mucha gente joven es la mejor garantía de continuidad de este foro, que siempre ha tenido la gran virtud de conectar las comunidades académica e industrial, por encima de lo que hacen otros congresos más teóricos.

Finalmente, del debate mantenido en la mesa redonda, se desprende el dato positivo de que el I+D en materiales y procesos, aunque no sea mencionado tan explícitamente como sería de desear, está tan presente como siempre en los programas de apoyo tipo INNPACTO o en la nueva estructura de CDTI.

ANTEC, S.A. y Tecnalia participaron en el proyecto Forma0

El Proyecto Forma0, liderado por SEAT S.A. y gestionado por la Fund. CTM Centre Tecnològic, ha investigado sobre aceros de alta resistencia que permitirán vehículos más ligeros y seguros, que mejorarán los consumos, las emisiones y la resistencia a impactos.

ANTEC S.A. y Tecnalia han conseguido resultados en la deformación de aceros de alta resistencia mediante procesos de conformado electromagnético. En este sentido se han optimizado el diseño de bobinas, se han obtenido uniones mecánicas resistentes de tubos y, bobinas más duraderas y capaces de soportar mayores energías.

La empresa vizcaína Aplicación Nuevas Tecnologías, ANTEC, S.A., ha participado en el proyecto FORMA 0, junto con otras 13 empresas y 6 centros de investigación.

El Proyecto Forma0 ha tenido una duración de 4 años y ha sido clausurado por Cristina Garmendia, en las instalaciones de SEAT, S.A. en Martorell (Barcelona). El proyecto se ha centrado en la investigación de nuevos materiales y procesos de fabricación que permiten conformar componentes con aceros de alta resistencia mecánica (AHSS), principalmente para la industria de la automoción. La investigación sobre aceros de alta resistencia tiene por objetivo conseguir vehículos más ligeros y seguros que, además, permitan disminuir el consumo, las emisiones y el peso de los vehículos, así como mejorar la resistencia a los impactos.

ANTEC, S.A., es una empresa especializada en la construcción de aplicaciones electromagnéticas y ha participado en el WP4 relativo al Conformado Electromagnético junto con TECNALIA y la Fundació CTM Centre Tecnològic.

La participación de ANTEC, S.A. en el proyecto se planteó bajo tres objetivos:

- Investigación básica: en la que se estudió la deformación y expansión de anillos de diversos materiales de alta resistencia por medio del Conformado Electromagnético.
- El segundo objetivo fue el estudio de una posible aplicación industrial como es el Doblado y Engatillado de aceros.
- El tercer objetivo era el estudio de la unión de tubos por expansión.

Principales resultados de ANTEC S.A.:

- Se han conseguido deformar aceros HSS por medio del Conformado Electromagnético gracias a la utilización de nuevos materiales que han permitido aumentar la energía en las bobinas de expansión hasta los 30 kJ, lo que supone una mejora de un 300% de lo conseguido antes del Proyecto.
- En cuanto a los procesos de doblado y engatillado se ha optimizado el diseño de bobinas, tanto desde un punto de vista mecánico como en cuanto a repetitividad de resultados.
- En la aplicación de unión de tubos se han obtenido uniones mecánicas resistentes.

- El desarrollo de bobinas ha dado un salto cualitativo respecto al comienzo del Proyecto: los actuadores electromecánicos desarrollados son más duraderos y capaces de soportar mayores energías.

A grandes rasgos, los principales logros de ANTEC S.A. en el Proyecto Forma0 han sido el aprendizaje y mejor entendimiento de esta tecnología, así como la obtención de know-how de fabricación de bobinas más duraderas y para mayores energías.

ANTEC comenzó a trabajar con la tecnología de conformado electromagnético en 2004 en colaboración con Tecnalia para el desarrollo de nuevas aplicaciones en acero. Fruto de esta cooperación surge en 2009 una nueva empresa de base tecnológica, Indumagnet, cuyo objeto es el desarrollo y explotación de las tecnologías de conformado electromagnético en todas sus aplicaciones para la industria.

El proyecto Forma0

El proyecto Forma0 fue elegido en la primera convocatoria del programa Cénit enfocado a investigar en áreas tecnológicas estratégicas y de interés nacional. Este proyecto liderado por SEAT e impulsado y gestionado por la Fundació CTM Centre Tecnològic, junto con otras empresas y centros de investigación, se ha centrado en la investigación de nuevos materiales y procesos de fabricación, que permitan conformar componentes con aceros de alta resistencia mecánica (AHSS), principalmente para la industria de la automoción, impulsando el desarrollo de vehículos más ligeros y seguros.

Estos aceros permitirán a la industria del automóvil disminuir el consumo de los vehículos, el nivel de emisiones y el peso de los mismos, al mismo tiempo que mejorará la resistencia a los impactos.

El Consorcio Forma0 ha estado formado por 13 empresas, lideradas por SEAT S.A., Gestamp Automoción, Rovalma, Grup TTC, Mol-Matric, Grupo Antolin-PGA, Sandvik Española, Batz, Industrias Laneko, Antec, CTES, Troe e Industrias Puigjaner, que han tenido en común la elevada especialización en las diferentes partes del proyecto.

También han formado parte de este proyecto 6 centros de investigación, liderados por la Fundació CTM Centre Tecnològic, AIMEN, AIN, ASCAMM, TECNALIA, y UPC que han garantizado una amplia cobertura técnica a las empresas del citado Consorcio, aportando conocimiento especializado e infraestructura tecnológica de primer nivel para el apoyo en la realización de I+D.

El proyecto Forma0 se ha extendido a lo largo de 4 años y ha sido impulsado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, que ha participado con una subvención pública de 11,6 millones de euros. El presupuesto total ha sido de 24,8 millones de euros.

Forma0 ha generado un importante volumen de hitos técnicos y de investigación, que se han plasmado en 678 informes Técnicos Internos y Entregables, 49 publicaciones en congresos (30 congresos internacionales y 19 nacionales), revistas especializadas y 2 patentes.

En el transcurso del proyecto se han optimizado varios procesos de conformado (estampación en caliente, embutición y corte en frío, perfilado, soldadura láser, conformado láser y repulsado, entre otros), situando a los socios industriales y tecnológicos a la vanguardia europea de la construcción de componentes ligeros y de alta resistencia para la automoción.

También se han desarrollado nuevas tecnologías experimentales, que facilitan la transferencia tecnológica de escala laboratorio a escala industrial.

El proyecto ha conseguido los objetivos previstos y ha sentado las bases para solventar las problemáticas y dificultades relacionadas con el uso de los aceros AHSS, aportando a las empresas solidez tecnológica para incrementar su productividad y la calidad de sus productos, aumentando claramente las capacidades científico-tecnológicas de las empresas y centros tecnológicos participantes.

El proyecto ha contado con la participación de 900 personas, 150 de las cuales son los investigadores principales, 383 personas de nueva contratación y 35 doctores, entre otros. El proyecto ha generado 6 tesis doctorales, 10 proyectos finales de carrera y 16 proyectos de investigación.

A partir del proyecto Forma0 se han derivado 2 nuevos proyectos europeos con un presupuesto de 6 millones de euros y 14 proyectos nacionales de 40 millones de euros.

Comentario sobre el nuevo libro "Aceros de construcción mecánica y su tratamiento térmico. Aceros inoxidables" Volumen 2

Por Juan Martínez Arcas

Tuve la ocasión de hacer un breve comentario sobre el libro "TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS MATERIALES METÁLICOS" volumen 1, con motivo de su presentación y realmente fue una gran satisfacción, máxime cuando su autor era mi gran amigo y colega durante muchos años, como es Manuel Antonio Martínez Baena.

En esta ocasión y en concreto con motivo de la reunión mensual de ASAMMET (Asociación Amigos de la Metalurgia) se me volvió a pedir un comentario sobre el volumen 2 (ACEROS DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICA Y SU TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS INOXIDABLES), libro anunciado y esperado.

Como puede verse a lo largo de este estupendo libro y que yo lo calificaría como de Técnico Práctico, está dividido en dos partes, la primera dedicada a los Aceros de Construcción en todas sus gamas y particularidades. La segunda, muy bien diferenciada, trata sobre los Aceros Inoxidables y Maraging con su tratamiento térmico.

El lenguaje es el normal utilizado por Manuel Antonio, es decir ameno, directo y sobre todo asequible. Da soluciones técnico-prácticas propias del que ha dedicado su vida profesional a los tratamientos térmicos y a la fabricación de los aceros en cuestión.

Realmente como dice el prólogo, es un entrañable y sentido homenaje al coautor de estas obras Profesor José María Palacios Reparaz , fallecido en mayo de 2008. Me uno a este sentimiento, no ya como

a un gran profesional de reconocimiento nacional e internacional, sino a la gran humanidad que supo transmitir como persona y como amigo.

Gracias Manuel

Jornada "Claves de innovación en la Industria de Forja"

Por Instituto de Fundición TABIRA

El pasado día 17 de Noviembre tuvo lugar en Azterlan la Jornada "Claves de innovación en la industria de forja", que contó con la destacada participación de 88 personas, pertenecientes a 39 empresas de forja y tratamientos térmicos.

La sesión de trabajo, enmarcada dentro de la XVI Semana Europea de la Calidad y la Excelencia, contó con la participación de los técnicos de las empresas UDDEHOLM, SIDENOR y del Centro de Investigación Metalúrgica AZTERLAN, cuya aportación hizo posible la configuración de un completo programa de trabajo, orientado a dar a conocer algunas de las claves del proceso de forja.

Un total de 88 personas pertenecientes a empresas del sector tomaron parte en esta jornada técnica.

La sesión de trabajo permitió acercar a los participantes conceptos relacionados con las propiedades más destacadas de los aceros empleados en utillajes de forja, con un análisis exhaustivo de las causas de fallo más habituales en su aplicación en caliente y semi-caliente, dando a conocer a su vez algunas de las claves metalúrgicas de los aceros a transformar en forja y presentando las características de los aceros microaleados, así como una interesantísima reflexión sobre las oportunidades que ofrecen este tipo de materiales.

A continuación se hace un breve resumen de los contenidos de las distintas conferencias:

En su primera intervención, de marcado carácter práctico, el Sr. Bengt Klarenfjord (responsable de producto para aplicaciones en caliente de UDDEHOLM TOOLING AB) y el Sr. Emili Barbarías (técnico comercial de Aceros UDDEHOLM), dieron a conocer las principales causas de fallo de los utillajes de forja en caliente.

El desgaste en caliente (modo de fallo dominante en este tipo de procesos), junto con las grietas, las roturas, la deformación plástica y la fatiga térmica, fueron analizados en detalle por el Sr. Klarenfjord, haciendo especial hincapié en los parámetros que inciden en la aparición de cada uno de estos problemas en el utillaje.

Mr. Bengt Klarenfjort. UDDEHOLM TOOLING AB.

Sr. Emili Barbarías. Aceros UDDEHOLM.

La segunda ponencia corrió a cargo del Sr. Kike García (ingeniero de materiales de SIDENOR) y estuvo orientada al análisis del proceso de fabricación de aceros para su posterior transformación mediante el proceso de forja.

Tras una primera fase en la que se aborda el diseño del producto, orientada a satisfacer las necesidades y especificaciones del cliente (composición química, propiedades mecánicas y características microestructurales), el Sr. García dio a conocer algunas de las claves de las distintas etapas del proceso de fabricación del acero.

Desde la configuración de la carga metálica (importancia en la selección de la chatarra), la fusión (con especial mención a la necesidad de controlar los elementos residuales), la metalurgia secundaria, imprescindible para la obtención de determinadas calidades de acero (afino y desgasificado), hasta la propia colada del metal (tanto en lingotera, como en colada continua), terminando con la laminación, el tratamiento térmico, el enderezado, y los controles e inspecciones realizadas a lo largo de todo el proceso.

La última parte de su presentación estuvo orientada a analizar algunos defectos del material, directamente relacionados con el proceso productivo: defectos superficiales en barra procedentes de marcas mecánicas durante la laminación, arranques de material, sopladuras, grietas, colas soldadas (finales de grietas producidas por choque térmico que han soldado en la laminación en caliente), sojas (láminas o escamas delgadas adheridas a la superficie del producto), rechupes, inclusiones, copos formados por el alto contenido de hidrógeno, ... etc.

Sr. Kike García. SIDENOR.

El Sr. Bengt Klarenfjord (responsable de producto para aplicaciones en caliente de UDDEHOLM TOOLING AB) y el Sr. Emili Barbarías (técnico comercial de Aceros UDDEHOLM) centraron la siguiente intervención en la caracterización de los aceros avanzados para aplicaciones de forja en caliente y semi-caliente.

Ambos ponentes hicieron hincapié en las propiedades más importantes de los aceros empleados en la fabricación de herramientas: resistencia al revenido (dureza y capacidad de mantenerla a elevadas temperaturas), límite elástico en caliente, resistencia a la fluencia, coeficiente de expansión térmica, conductividad térmica, dureza, templabilidad, ductilidad, tenacidad, adecuación a las recuperaciones por soldadura, ... etc.

Tras un breve repaso a las características del proceso de elaboración de los aceros UDDEHOLM, se dieron a conocer una serie de recomendaciones de uso, en función de los distintos parámetros que influyen en la vida del utillaje y que están directamente relacionados con las características del material, el diseño y la fabricación del utillaje, el tratamiento térmico y los tratamientos de superficie empleados, los propios parámetros y características del proceso productivo, y las operaciones de mantenimiento realizadas.

La ponencia del Sr. Klarenfjord y del Sr. Barbarías concluyó con la presentación de una serie de casos prácticos, y las correspondientes mejoras de proceso obtenidas en la transformación de piezas de distintos materiales (distintas calidades de acero y aluminio), y tipos de forja (prensa mecánica, hidráulica, de husillo, forja en martillo, ... etc).

Sr. Bengt Klarenfjort y Sr. Emili Barbarías. Aceros UDDEHOLM.

La jornada concluyó con la intervención del Sr. Julián Izaga (Director de Tecnología e Innovación de AZTERLAN), que realizó una brillante presentación orientada a dar a conocer las oportunidades que ofrecen los aceros microaleados y su posible aplicación en los procesos de forja.

Como su propio nombre indica, se trata de materiales que presentan pequeñas cantidades de elementos de aleación, como por ejemplo V, Ti y Nb. Elementos, que combinados con el C y N, llegan a formar carburos, nitruros y carbonitruros, que dotarán al acero de las características mecánicas deseadas.

Son aceros con una estructura ferrita/perlita, cuya principal ventaja está en que no precisan de tratamiento térmico posterior a la forja de la pieza. En consecuencia, desaparecen los riesgos de defectos asociados a los tratamientos térmicos de temple, se eliminan los controles para la detección de este tipo de defectos y no se precisan operaciones posteriores de enderezado y/o distensionado.

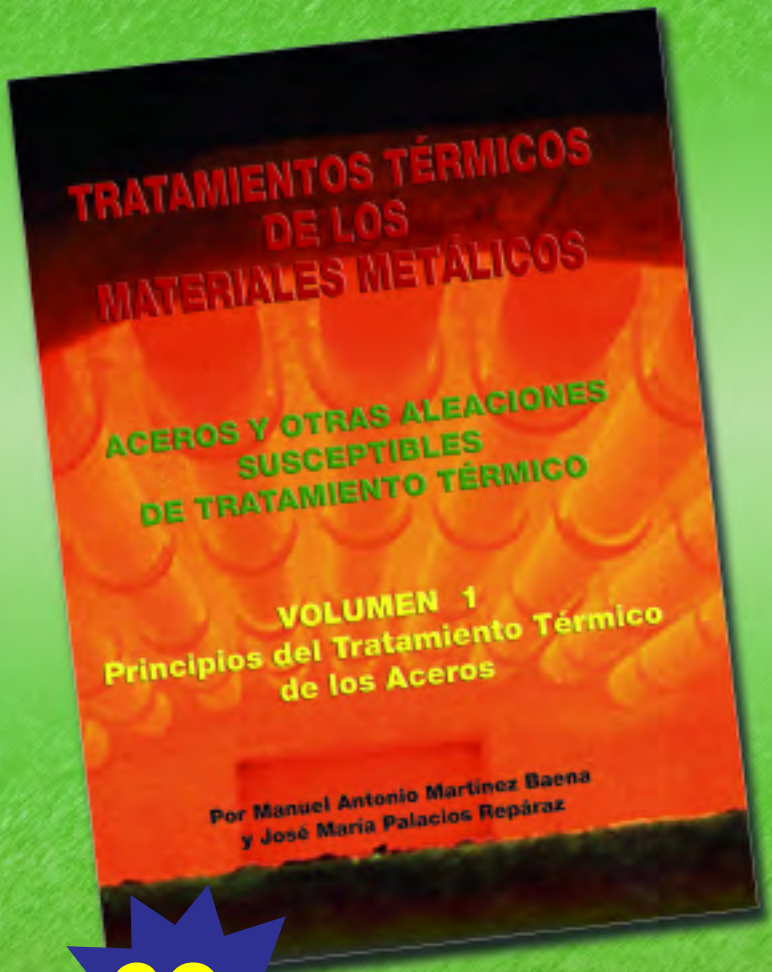
El Sr. Izaga hizo especial mención al papel del Boro como elemento de microaleación, cuya efectividad está ligada a la mejora de la templabilidad (capacidad de penetración de la transformación martensítica). La efectividad de este elemento como agente templante está directamente relacionada con la cantidad de Boro soluble o Boro activo (está demostrado que el boro insoluble no mejora la característica de temple de los aceros).

Los aceros microaleados presentan por tanto una serie de oportunidades fuera de toda duda, entre los cuales figura la disminución del contenido en elementos de aleación y el aprovechamiento del propio calor del conformado en caliente para realizar un tratamiento térmico de temple directo, con la consiguiente reducción de costos asociados a los tratamientos térmicos posteriores de las piezas.

Sr. Julián Izaga. AZTERLAN.

Los contenidos técnicos y prácticos de las distintas ponencias, junto con el gran interés mostrado por el sector de forja, han sido algunas de las claves del éxito de esta jornada técnica.

Desde el Instituto de Fundición TABIRA nos gustaría agradecer el esfuerzo y la colaboración de los técnicos de UDDEHOLM, de SIDENOR y del Centro de Investigación Metalúrgica AZTERLAN, que han hecho posible la materialización de este interesantísimo marco de trabajo.



30 €

206 páginas

UN BUEN REGALO PARA ESTAS FECHAS

316 páginas

40 €

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

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

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

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

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

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

Algunas consideraciones sobre el tratamiento térmico y soldadura de los aceros inoxidables austeno-ferríticos. Aceros dúplex

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

1. Introducción

Los **aceros inoxidables austeno-ferríticos**, denominados también **aceros dúplex**, deben su nombre y sus muy favorables propiedades mecánicas y tecnológicas, a una microestructura característica de doble fase: masa matricial compuesta de austenita y de ferrita en proporción muy próxima al 50 por 100 (**50/50**%). De hecho, los aceros inoxidables austeno-ferríticos, constituyen una solución de compromiso entre una elevada resistencia mecánica y una buena resistencia a las distintas formas de corrosión localizada, frente a los aceros inoxidables ferríticos, y asimismo, en competencia con la mayor tenacidad y soldabilidad de los aceros inoxidables austeníticos.

En la **tabla I** se resumen los datos de referencia de estos aceros, cuyas composiciones nominales se indican en la **tabla 10.II**.

Los aceros inoxidables austeno-ferríticos tienen un contenido elevado de cromo (**Cr** ≥ 22%) y un contenido de níquel [**Ni =** (3,50 ÷ 8,00%)], relativamente más bajo que el de los aceros inoxidables austeníticos. Su estructura –***austenita* 50/60%** y ***ferrita* 40/50%**; **figura 1**– depende no sólo de la composición química, sino también de ciertas condiciones

ACEROS AUSTENO-FERRITICOS [ACEROS DUPLEX]	
Límites de composición química	
Carbono	0,03 ÷ 0,06% (*)
Cromo	18,50 ÷ 28%
Molibdeno	1,50 ÷ 4,5%
Níquel	3,50 ÷ 8%
Cobre	0 ÷ 2,50%
Nitrógeno	0 ÷ 0,20% (**)
Propiedades mecánicas (***)	
Límite elástico	450 N/mm² aprox.
Carga de rotura	700 N/mm² aprox.
Alargamiento (Lo = 5d)	30% aprox.
Resiliencia	≥ 56 Julios

(*) El carbono centrado en 0,03% (C ≤ 0,03%).
(**) El nitrógeno excepcionalmente puede llegar hasta el 0,4%.
(***) Condiciones del ensayo: tratamiento de solubilización.

Aplicaciones. *Instalaciones de crudo, gas natural y mezclas de agua-petróleo, industria química, plantas desalinizadoras, componentes para la industria papelera, off-shore, etc.*

Tabla I*. Límites de composición química, –elementos principales– propiedades mecánicas en el estado de solubilizado y ejemplos prácticos de aplicación.*

Norma UNE-EN Simbólica	COMPOSICIÓN QUÍMICA MEDIA [%] C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Otros
X5CrNi MoN22-5-3	≤ 0,03	1,00	2,00	22,400	5,00	3,00	0,12	
X2CrNiMoCuN25-6-3	≤ 0,03	0,70	2,00	25,00	6,50	3,00	0,20	Cu 1,75
X2CrNiMo25-7-4	≤ 0,03	1,00	2,00	25,00	7,25	4,00	0,25	
X2CrNiMoWN25-7-4	≤ 0,03	1,00	2,00	25,00	7,25	4,00	0,28	0,75Cu; 0,75W
X2CrNiN23-4	≤ 0,03	1,00	2,00	23,00	4,00	0,35	0,12	Cu 0,35

*P ≤ 0,035% ; *S ≤ 0,015%

Tabla II*. Composición química –análisis de colada– de los principales aceros inoxidables austeno-ferríticos:* ***UNE-EN 10028-7/2000****.*

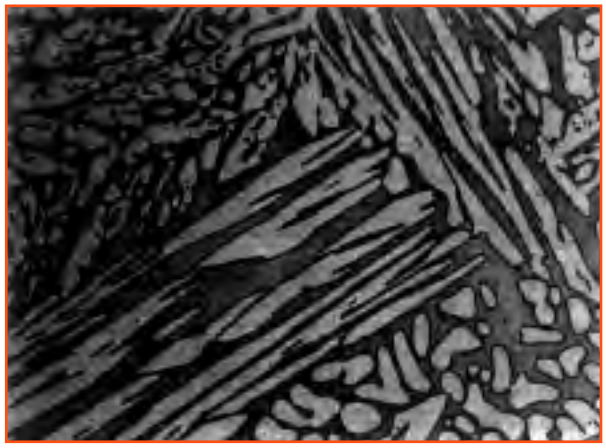


***Figura 1**. Microestructura de un acero inoxidable austeno-ferrítico solubilización –48% de ferrita y 52% de austenita– (X 127). Acero dúplex: 22% Cr; 6% Ni; 2,50% Mo.*

de tratamiento térmico, ya que para un mismo acero la proporción de ferrita es tanto mayor cuanto más elevada es la temperatura de solubilización y más rápido sea asimismo, el enfriamiento.

Los aceros inoxidables austeno-ferríticos son menos dúctiles que los aceros inoxidables austeníticos, y por tanto, presentan un límite elástico más elevado. Circunstancia ésta que permite reducir las dimensiones de las piezas y componentes sometidos a esfuerzos estáticos y/o dinámicos. Al contrario que los aceros inoxidables, martensíticos y austeníticos, muestran una alta resistencia a la fisuración por **corrosión bajo tensión** en medios clorurados y frente al resto de aceros inoxidables, ofrecen también unas características mecánicas y tecnológicas sustancialmente superiores. La principal desventaja de los aceros inoxidables austeno-ferríticos es su marcada tendencia a precipitar fases intermetálicas, en los rangos de temperaturas comprendidos entre [280 ÷ 520 °C] y [610 ÷ 950 °C] respectivamente.

Cuando los aceros dúplex son expuestos cierto tiempo a las temperaturas arriba indicadas, aparecen entonces fenómenos de fragilización por precipitación, principalmente de las fases sigma (σ) y Chi (χ); **figura 2**. En el diagrama de la figura se observa que las precipitaciones, preferentemente la fase Chi (χ), empiezan a formarse al cabo de tan solo dos minutos de exposición del material a 850 °C, mientras que la fase sigma (σ) se manifiesta al cabo de unos veinte minutos. De igual manera, un tiempo de exposición de veinte minutos a la temperatura de 500 °C es suficiente para que dé comienzo la **¨fragilización a los 475 °C¨**.

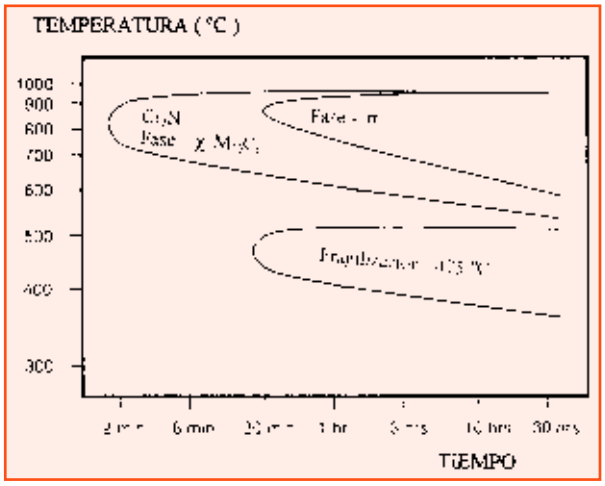


***Figura 2**. Diagrama tiempo-transformación-precipitación (**TTP**) de un acero inoxidable austeno-ferrítico. Precipitación de las fases Chi (χ) y sigma (σ) en función de la temperatura y del tiempo.*

Resumiendo: una fuerte precipitación de las fases intermetálicas Chi (χ) y de sigma (σ), produce sustanciales pérdidas *–en el material afectado–* de tenacidad y asimismo, disminución de la resistencia a la corrosión.

2. Tratamientos térmicos de los aceros austeno-ferríticos

Los aceros inoxidables austeno-ferríticos no toman temple, pero sí pueden ser calentados a elevadas temperaturas, entre 1.000 y 1.150 °C, y después de un periodo o tiempo de mantenimiento a dicha temperatura, pueden ser enfriados enérgicamente en agua para evitar la presencia de otras fases al margen de la ferrita (α) y de la austenita (γ). Con esto se logra la máxima ductilidad y al mismo tiempo, las mejores propiedades físicas y químicas del material correspondiente. Así pues, con dicho tratamiento térmico *–solubilización–* se obtienen en los aceros inoxidables austeno-ferríticos, las mejores propiedades de límite elástico, de ductilidad, de tenacidad, etc, y también, una mayor resistencia a la corrosión.

Los aceros inoxidables austeno-ferríticos, en ese estado de solubilizado *–tratamiento térmico que se realiza a temperaturas comprendidas entre* 1.000 y 1.150 °C *con enfriamiento posterior enérgico, normalmente en agua–*, tienen una estructura aproximada de **50% austenita** y **50% ferrita**. Por otro lado, cuanto más rápido es el enfriamiento, más se retarda también la transformación de la austenita y por tanto, mayor proporción de volumen de componente ferríti-

co habrá en su masa matricial a temperatura ambiente. Hemos de advertir el peligro que tiene un enfriamiento enérgico en aquellas piezas de cierta dimensión o espesor, ya que debido a su masa y volumen, pueden agrietarse.

Si a los aceros inoxidables austeno-ferríticos en estado solubilizado, se les somete a un calentamiento –¨*revenido*¨– a una temperatura comprendida entre 450 y 600 °C o bien a una temperatura de 800 °C, se origina: (1) en el primer caso un endurecimiento, que no va acompañado de una bajada sustancial de la tenacidad, ni tampoco una bajada de la resistencia a la corrosión; al contrario de lo que ocurre con los aceros inoxidables ferríticos; (2) en el segundo caso –¨*revenido*¨ *a temperatura de* 800 °C–, existe una precipitación de la fase sigma (σ) que trae como consecuencia un aumento sustancial de la dureza y al mismo tiempo, una muy alta sensibilización a la fragilidad.

Aunque en la práctica ninguno de estos ¨revenidos¨ parece, en términos generales, recomendable realizar en los aceros inoxidables austeno-ferríticos, hemos de decir sin embargo, que el endurecimiento que se produce mediante el ¨revenido¨ a 450 °C permite obtener, en los aceros inoxidables austeno-ferríticos, similares características a las que presentan algunos aceros ordinarios de construcción con buena ductilidad. Mientras que con calentamiento a 800 °C se han encontrado ciertas aplicaciones para la fabricación de piezas, sobre todo moldeadas, que en su cotidiano trabajo mecánico están expuestas a fuertes rozamientos. Excepcionalmente esto tiene cierta validez, cuando dichas piezas no han de trabajar en ambientes muy corrosivos.

Los aceros inoxidables austeno-ferríticos son magnéticos y tienen ciertas dificultades en los trabajos de transformación en caliente. Generalmente son insensibles a la corrosión intergranular y particularmente, aumenta su dureza no exenta de una cierta fragilidad ya antes citada, mediante el tratamiento de precipitación con ¨revenido¨ alto: *solubilización* + ¨*revenido*¨ a 800 °C.

3. Soldadura de los aceros inoxidables austeno-ferríticos

Los aceros inoxidables en general se pueden soldar en la práctica, con los mismos métodos que se emplean para los aceros ordinarios de construcción mecánica. Los procedimientos más comúnmente empleados son la soldadura al arco: **TIG** y **MIG** –**figuras**

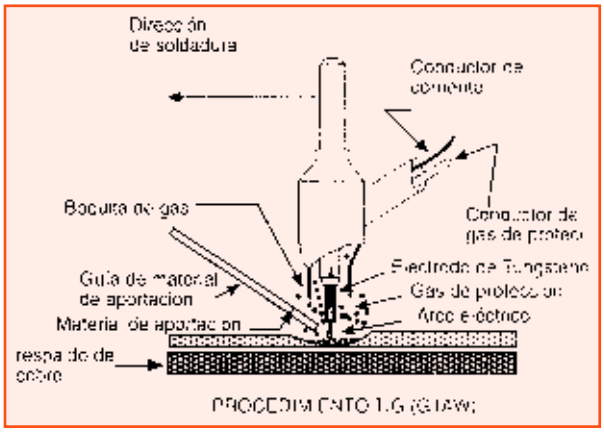


***Figura 3**. Procedimiento de soldadura **TIG**.*

***Figura 4**. Procedimiento de soldadura **MIG**.*

3 y **4**–; en otros casos se utilizan otras diferentes técnicas como son: plasma, arco sumergido, por resistencias, etc; **tabla III**.

No obstante, debido a las diferencias metalúrgicas y físicas que existen entre las aleaciones inoxidables y los aceros ordinarios de construcción mecánica, –*aceros de construcción aleados* y *al carbono*– hay que hacer algunas observaciones sobre la soldadura de los aceros inoxidables en general:

- Es esencial que se sigan ciertas pautas para prevenir la corrosión en la soldadura y áreas adyacentes. Inevitables zonas afectadas térmicamente (**ZAT**)*.

* **ZAT** = **zona afectada térmicamente.** Zona correspondiente al metal base, que ha permanecido durante cierto tiempo en una franja de temperaturas en la que se pueden producir algunas modificaciones estructurales. Durante la soldadura de los aceros inoxidables se precipitan en la zona afectada elementos intersticiales –carburos o nitruros–. También pueden formarse fases intermetálicas muy perjudiciales: particularmente, la fase sigma (σ).

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA EN LOS ACEROS INOXIDABLES
Los aceros inoxidables pueden soldarse por cualquier de los procedimientos aplicables en la fabricación de estructuras: **SMAW, GTAW, GMAW, SAW y FCAW**.
Procedimiento SMAW (Shielded Metal Arc Welding) = Soldadura por arco metálico con electrodo revestido. Es un método de un alto rendimiento, de amplio uso para el relleno. Hay una extensa gama de tipos de electrodos y diámetros disponibles, que permiten soldar en cualquier posición. Válido para todas las posiciones de soldeo y baja velocidad de trabajo.
Procedimiento GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) = Soldadura por arco en atmósfera inerte con electrodo no consumible de wolframio (TIG)*
Procedimiento GMAW (Gas Metal Arc Welding) = Soldadura por arco metálico en atmósfera de gas inerte (MIG)**
Procedimiento SAW (Submerged Arc Welding) = Soldadura por arco sumergido.
Procedimiento FCAW (Flux Cored Arc Welding) = Soldadura con hilo tubular con relleno fundente.
* **TIG** (Tungsten Inert Arc) = Soldadura en gas inerte con electrodo no consumible de wolframio. ** **MIG** (Metal Inert Gas) = Soldadura en gas inerte. Se incluye la soldadura por electrodo consumible.

***Tabla III**. Procedimientos de soldadura más utilizados en el soldeo de los aceros inoxidables en general.*

- Es deseable mantener unas propiedades mecánicas óptimas en la unión soldada.

- Hay que aplicar procedimientos de soldeo encaminados a disminuir al máximo los problemas de las deformaciones, originadas por la concentración de calor.

Una diferencia muy importante entre los aceros inoxidables y los aceros finos de construcción mecánica, –*aceros de media* y *baja aleación*, y *aceros al carbono*– es la conductibilidad térmica. En los aceros inoxidables la conductibilidad térmica es, en algunos casos, aproximadamente la mitad que la de los aceros finos de construcción mecánica; **tabla IV**.

Esto ocasiona, como consecuencia principal, que el calor generado en la zona de soldadura (**ZAT)** no se disipe tan rápidamente. Para paliar en lo posible esta situación se recurre a los siguientes métodos de ejecución:

- Menor intensidad de corriente.
- Técnicas de soldadura a impulsos para disminuir la concentración de calor.
- El uso de mordazas u otras técnicas de refrigeración para disipar el calor.
- Los diseños particulares de unión.

En la **tabla V** se muestra un breve resumen de los

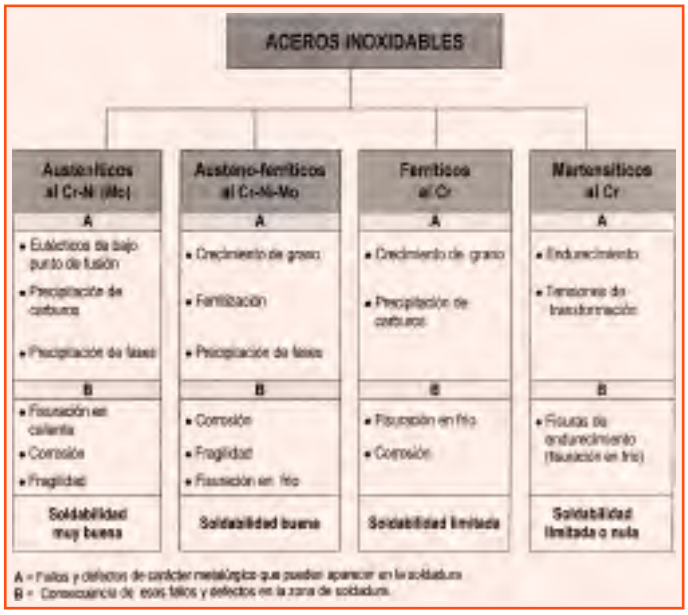


***Tabla V**. Cuadro resumen de los posibles fallos y defectos, de tipo metalúrgico y las repercusiones negativas que pueden surgir en las uniones soldadas de acero inoxidable: (**A**) Fallos y defectos que aparecen en la soldadura. (**B**) Consecuencia de los fallos y defectos.*

***Tabla IV.** Propiedades físicas a tener en cuenta en la soldadura de los aceros inoxidables.*

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES						
PROPIEDADES	UNIDADES	AUSTENÍTICO	AUSTENO-FERRÍTICO	FERRÍTICO	MARTENSÍTICO	ACERO AL CARBONO
Densidad	T/m	8	8	7,80	7,80	7,80
Coefic. dilatación térmica (0 - 538 °C)	10^{-6} m/m °C	17 - 19	14	11 - 13	11,60 - 12	11,70
Conductibilidad térmica (100 °C)	W/(mK)	18 - 22	15	24 - 26	28,70	60

posibles fallos y defectos, de tipo metalúrgico, que pueden presentarse en la soldadura de los aceros inoxidables en general –*martensíticos*, *ferríticos*, *austeníticos*, *austeno-ferríticos*–, y también, se indican las causas que normalmente se derivan de tales fallos y defectos.

Desde esta clasificación, únicamente será correcto considerar que cada grupo de aceros inoxidables reclame para sí una técnica especial de soldadura y unas consideraciones también diferentes. Por lo que se han tener muy en cuenta las características técnicas y metalúrgicas de los correspondientes aceros inoxidables, ya que esto facilitaría la identificación y posible solución de los fallos y defectos enumerados ya en la **tabla V**.

Los aceros inoxidables austeno-ferríticos tienen una buena soldabilidad. Aunque para una correcta soldadura, es muy importante conocer los antecedentes metalúrgicos e historial térmico del material a lo largo de toda su transformación en caliente. Un proceso de soldadura inadecuado puede originar pérdida de tenacidad y, al mismo tiempo, de las propiedades anticorrosión del conjunto soldado.

Los aceros inoxidables ferríticos, como antes ya se ha indicado, tienen una soldabilidad limitada debido, principalmente, a su masa matricial totalmente ferrítica, con gran tendencia al crecimiento del tamaño de grano, sobre todo en la zona afectada por el calor (**ZAT**). Mientras que los aceros inoxidables austeno-ferríticos se sueldan con facilidad y son muy resistentes a la fisuración por **corrosión bajo tensión**.

La solidificación de los aceros inoxidables austeno-ferríticos comienza a temperatura aproxima a los 1.450 °C formándose inicialmente una estructura que es de ferrita delta (δ); **figura 5** –*diagrama de fases ternario simplificado* **Fe-Cr-Ni**–. En los consecutivos enfriamientos, relacionados normalmente con la composición del acero, tiene lugar la transformación de la ferrita delta a gamma [δ → γ] en el nivel de temperaturas próximo a 1.300 °C; hecho éste donde la dinámica de enfriamiento, hasta que finaliza a temperatura ambiente, tiene una gran influencia en la distribución cuantitativa de la ferrita (δ) y de la austenita (γ) en la masa matricial del acero.

Después del tratamiento de solubilización a una temperatura usualmente comprendida entre 1.000 y 1.150 °C, y posterior enfriamiento enérgico en agua, se obtiene una masa matricial compuesta

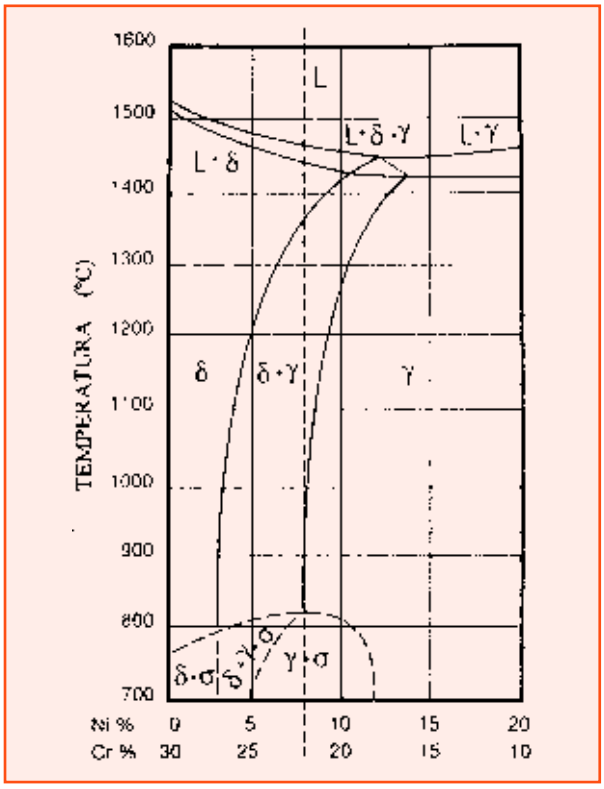


***Figura 5**. Diagrama simplificado de fases del sistema hierro-cromo-níquel (**Fe-Cr-Ni**).*

aproximadamente, de 50 por 100 de ferrita (δ) y 50 por 100 de austenita (γ);. Cuanto más rápido es el enfriamiento, más se retarda la transformación gamma (γ), y por consiguiente, mayor proporción de volumen de ferrita delta (δ) hay en el material tratado una vez que ha finalizado el enfriamiento a temperatura ambiente. Naturalmente, la misma ley metalúrgica se aplica a la zona afectada térmicamente (**ZAT**).

La relación entre ***"cromo equivalente"*** y el ***"níquel equivalente"*** tienen una influencia decisiva: (1) en la extensión de la ferrita; y (2) en el crecimiento del tamaño de grano de la zona afectada por el calor (**ZAT**), que es particularmente atribuido al componente ferrita delta (δ).

La buena soldabilidad de los aceros inoxidables dúplex, se garantiza básicamente con una óptima elección de los metales de aporte frente al metal base. Con un acertado ajuste y elección de los materiales acero base-material de aporte y siguiendo fielmente las pautas recomendadas en la **tabla VI**, se contrarresta muy mucho la tendencia natural que tiene la ferrita delta (δ) de engrosar el tamaño de

SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS AUSTENOFERRÍTICOS (DUPLEX) AL Cr-Ni-Mo-N

Aceros según EN 10088/95	Composición química (análisis medio en %)						Soldabilidad
	C	Cr	Mo	Ni	Cu	N	
X2CrNiMoN18-5-3	< 0,02	18,5	2,7	5,0	1,5	0,07	Buena
X6CrNiMoTi20-6-2	< 0,06	20,0	2,0	6,0	—	—	Buena / limitada
X2CrNiMoN22-5-3	< 0,02	22,0	3,0	5,5	—	—	Buena
X2CrNiMoN25-6-2	< 0,02	25,0	1,7	6,0	—	—	Buena
X2CrNiMoCu25-5-3	< 0,02	25,0	3,0	6,0	0,4	> 0,1	Buena
X3CrNiMoN25-4-2	< 0,03	25,5	2,3	3,7	—	0,17	Buena

MATERIALES DE APORTE Y TÉCNICAS DE SOLDADURA

Metal base	Proceso SMAW	Procesos GTAW/GMAW/SAW
X2CrNiMoN18-5-3 X6CrNiMoTi20-6-2 X2CrNiMoN22-3-5 X2CrNiMoN25-5-3 X2CrNiMoCu25-5-3	22-9-3L	X2CrNiMoN22-9-3
X10CrNiMoNb18-10	26-7-2	X5CrNiMoN26-7-2

- Utilizar únicamente metales de aporte con nitrógeno (N) y alto contenido de níquel (Ni).
- Los electrodos recubiertos y el flux de SAW deberán secarse, al menos, a una temperatura próxima a los 300ºC. No usar gases, para proteger la soldadura que contengan hidrógeno (H).
- Restringir a un máximo la dilución del metal de aporte, comprendido entre el 30% y el 40%, en materiales base de bajo contenido en nitrógeno (N).
- En la mayoría de los casos no es necesario el precalentamiento. Cuando las secciones o espesores del material superen los 20 mm (e > 20 mm), se suele precalentar a una temperatura próxima a los 150ºC.
- El soldar sin materiales de aporte puede conducir a muy altos contenidos de ferrita (FN ≥ 80%), con los consiguientes graves problemas de corrosión y resiliencia.

***Tabla VI**. Soldabilidad de los aceros inoxidables austeno-ferríticos. Materiales de aporte y técnicas de soldadura.*

grano de la zona afectada térmicamente (**ZAT**). Tamaño de grano grueso *–grano ferrítico–* que es atribuible a variaciones en la intensidad térmica por unidad de longitud, del cordón de soldadura.

Al ser imposible en la mayoría de los casos, someter al conjunto soldado a un tratamiento de solubilización, el metal de aporte deberá tener un alto contenido de níquel (**Ni**), frente al del material base, con el único objetivo de garantizar la máxima tenacidad en la zona afectada térmicamente (**ZAT**) por el trabajo de soldadura.

Por todo lo antes indicado, los especialistas en este tipo de soldadura, saben que los metales de aportación para los aceros inoxidables austeno-ferríticos necesitan de un mayor contenido de níquel (**Ni**) que el metal base, si se quieren conseguir unas muy buenas propiedades mecánicas *–máxima tenacidad y mayor resiliencia–* en la unión soldada.

Efecto de la velocidad de calentamiento sobre la evolución de la microestructura, durante el tratamiento de revenido por inducción en aceros de baja aleación

Por M. C. Revilla[1], B. Calleja, J. M. Rodríguez Ibabe, B. López.

[1] Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Guipúzcoa, CEIT, San Sebastián, España

1. Resumen

Se ha estudiado el comportamiento y la evolución de la microestructura de aceros de baja aleación sometidos a tratamientos de temple y revenido por inducción (IQT). En este trabajo se presentan los resultados del estudio del efecto de la velocidad de calentamiento durante el tratamiento de revenido por inducción. Se han empleado velocidades de calentamiento en el rango de 1 °C/s a 300 °C/s y tiempos de mantenimiento entre 2 s y 3.600 s a una temperatura de 700 °C. Durante el revenido, las cementitas precipitan tanto en las juntas de bajo ángulo como en las juntas de alto ángulo de la martensita, siendo éstas en general de mayor tamaño, cuanto menor es la velocidad de calentamiento y mayor el tiempo de permanencia. Se ha observado que la cinética de crecimiento de las cementitas es algo más rápida a velocidades de calentamiento elevadas. Además, para una velocidad de crecimiento dada, la cinética parece ser también más rápida para los carburos precipitados en juntas de alto ángulo. En estos aceros la cinética de crecimiento de los carburos es más lenta que la que se describe para aceros C-Mn. La presencia de ciertos elementos como el Cr o el Mo puede influir en la cinética de crecimiento debido a la menor difusividad del C. Asimismo, se ha evaluado la influencia del grado de homogeneidad de la austenita tras el temple en el comportamiento del material durante el revenido por inducción.

2. Introducción

En un acero la estructura martensítica resultante después de un temple proporciona un nivel de dureza elevado, alta resistencia pero también fragilidad. El objetivo del tratamiento de revenido posterior al temple, donde el acero es calentado hasta una temperatura inferior a la temperatura crítica A1, es conseguir disminuir la fragilidad y aumentar la tenacidad. La tenacidad y ductilidad de una martensita revenida está principalmente controlada por la estructura de la martensita que se forma después del temple. En un acero de bajo y medio carbono, esta estructura suele ser de lajas.

La estructura de martensita presenta una gran inestabilidad debido a la supersaturación de los átomos de carbono, la energía de deformación asociada a las dislocaciones de la martensita, la energía de intercara asociada a la elevada densidad de juntas de laja o placa y la presencia de austenita retenida. Durante el revenido, la supersaturación de los átomos de carbono proporciona la fuerza impulsora para la formación de los carburos; la elevada energía de intercara proporciona la fuerza impulsora para el crecimiento de grano y o el crecimiento de la matriz de ferrita; y la austenita inestable proporciona la fuerza impulsora para la transformación en mezclas de ferrita y cementita. Diversos autores [1-3] han propuesto una serie de etapas que describen los cambios microestructurales que tienen lugar durante el tratamiento de revenido. La microestructura resultante después del revenido con un tiempo de mantenimiento largo, consiste en una microestructura de carburos esferoidizados en una matriz de granos de ferrita equiáxicos. La temperatura y el tiempo de revenido son los parámetros que van a controlar la microestructura resultante. Hollomon y Jaffe [4] propusieron un pará-

metro de revenido (TP) que recoge la influencia de ambas variables. Según este parámetro, una disminución del tiempo de revenido se puede compensar con un aumento de la temperatura de revenido.

En los últimos años la industria del automóvil está imponiendo el uso de tratamientos térmicos con hornos de inducción (Induction Quenching and Tempering processes: IQT). Sin embargo, tal y como indican varios autores, los diferentes tiempos y temperaturas utilizados pueden dar lugar a cambios en la microestructura y propiedades mecánicas en comparación con los tratamientos convencionales [5-7]. Según Furuhuara y otros [8], además del tiempo y la temperatura, otra variable que también afecta es la velocidad de calentamiento. Un aumento de la velocidad de calentamiento conduce a una velocidad de nucleación mayor y una dispersión en la distribución de cementitas mayor, lo que da lugar a una mejora en la combinación de resistencia y ductilidad. Por otro lado, Nam y otros [9] han estudiado la influencia de elementos de aleación como Cr o Mo, en la microestructura y propiedades mecánicas de los aceros sometidos a tratamientos IQT. La presencia de estos elementos no afecta al comportamiento de los carburos a temperaturas de revenido inferiores a 400 °C, sin embargo a temperaturas superiores disminuye la esfereoidización y engrosamiento de los carburos.

La esfereoidización y consecuente engrosamiento de las cementitas durante el revenido de la martensita, ha sido objeto de estudio por parte de diferentes investigadores [9-11]. En este trabajo se va a analizar también la influencia de la velocidad de calentamiento en la cinética de engrosamiento de las cementitas en tratamientos de Temple y Revenido por inducción.

3. Material y técnicas experimentales

Se han utilizado dos aceros medios en carbono de baja aleación cuya composición se muestra en la Tabla 1. La principal diferencia entre ambos aceros es que el acero B tiene un contenido en carbono más bajo y menor aleación que el acero A, aunque hay que señalar que presenta contenidos de Mn y Si algo mayores. Estos aceros provienen de barras laminadas de 33 y 63 cm de diámetro respectivamente.

Para simular los tratamientos de temple y revenido por inducción se ha empleado un dilatómetro (Bähr Dil805). Se han mecanizado probetas cilíndricas de 10 mm de longitud y 4 mm de diámetro. Las probetas se han extraído de la zona correspondiente a la posición de medio radio de las barras y con el eje del cilindro paralelo a la dirección de laminación. En la Fig. 1 se muestra el esquema de los ciclos de dilatometría realizados para simular el tratamiento de temple y revenido por inducción. En la etapa de temple las muestras se han austenizado a 900 °C durante 400 segundos, consiguiendo de este modo una austenización total en ambos aceros. Tras el temple con He se obtiene una martensita en lajas. En la etapa de revenido se han empleado cuatro velocidades de calentamiento: 1, 10, 100 y 300 °C/s hasta 700 °C y diferentes tiempos de mantenimiento: 2, 45, 155, 1.260 y en algún caso 3.600 segundos. Para estudiar la influencia de la homogeneidad de la austenita tras el temple se han realizado algunos tratamientos con el acero B, donde las condiciones de la etapa de revenido son similares a las anteriores, aunque durante el temple se ha utilizado una velocidad de calentamiento mayor, 100 °C/s, y un tiempo de mantenimiento inferior, 2 segundos, con lo que se consigue una austenita no homogénea, donde el carbono no está completamente disuelto.

Se ha llevado a cabo un estudio de la microestructura y del microdureza (HV1kg). Para el análisis metalográfico las muestras se han pulido según el procedimiento habitual y se han atacado con nital con el

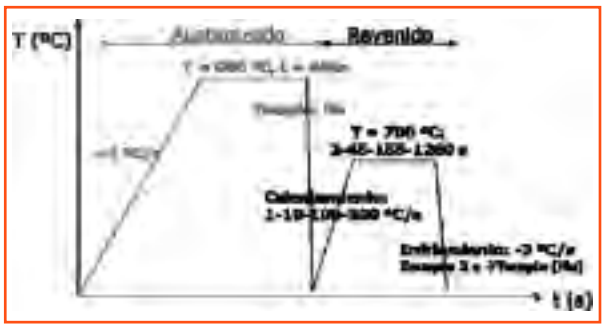


Fig. 1. Esquema del ciclo de simulación de tratamiento de temple y revenido por inducción.

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu	Al	N(ppm)
A	0.415	0.18	0.79	0.01	0.018	1.07	0.165	0.13	0.004	0.14	0.028	110
B	0.385	0.35	1.31	0.015	0.032	0.21	0.04	0.25	0.125	0.165	0.036	137

Tabla 1. Composición química (% peso).

fin de observar la microestructura. El análisis se ha realizado mediante microscopía electrónica de barrido (FEG-SEM). El tamaño de los carburos ha sido medido mediante un software de análisis de imágenes.

4. Resultados

4.1. Influencia de las condiciones de revenido

La estructura del material laminado en el caso del Acero A es bainítica, mientras que en el acero B es de tipo ferrito-perlítica. Tras el tratamiento de austenizado durante 400 s a 900 °C y calentando a 1 °C/s en ambos materiales la austenización es completa, por lo que tras el temple se obtiene una microestructura de lajas de martensita, donde no se encuentran carburos sin disolver. Las durezas del temple son 690 y 626HV para los aceros A y B respectivamente. En la Fig. 2 se muestran los valores de microdureza medidos para las simulaciones de revenido correspondientes a los tratamientos a distintas velocidades de calentamiento y tiempos de mantenimiento para los dos aceros. En el caso del acero B sólo se han realizado ensayos a diferentes tiempos de mantenimiento a velocidades de 1 y 100 °C/s. Se puede observar cómo la dureza disminuye a medida que aumenta el tiempo de revenido para todas las velocidades de calentamiento. Para un tiempo de mantenimiento dado, la dureza es mayor cuanto mayor es la velocidad de calentamiento, aunque este efecto es menos acusado a tiempos de mantenimiento largos.

Durante el revenido va a tener lugar la precipitación de la cementita y carburos de aleación. Las cementitas pueden nuclear en varios lugares en la estructura de lajas de la martensita. Las antiguas juntas de grano de austenita, las juntas entre los paquetes de lajas o las juntas entre bloques de lajas son juntas de alto ángulo, mientras que las juntas entre lajas son juntas de bajo ángulo. Todos estos lugares, además de las dislocaciones que se encuentran dentro de las lajas, pueden actuar como lugares de nucleación para la cementita.

En la Fig. 3 se muestran varias micrografías de FEG-SEM correspondientes a muestras de los dos aceros revenidas a 700 °C durante 2 segundos de mantenimiento y diferentes velocidades de calentamiento; entre 1 y 300 °C/s. Se observa que después del revenido la estructura de lajas se sigue

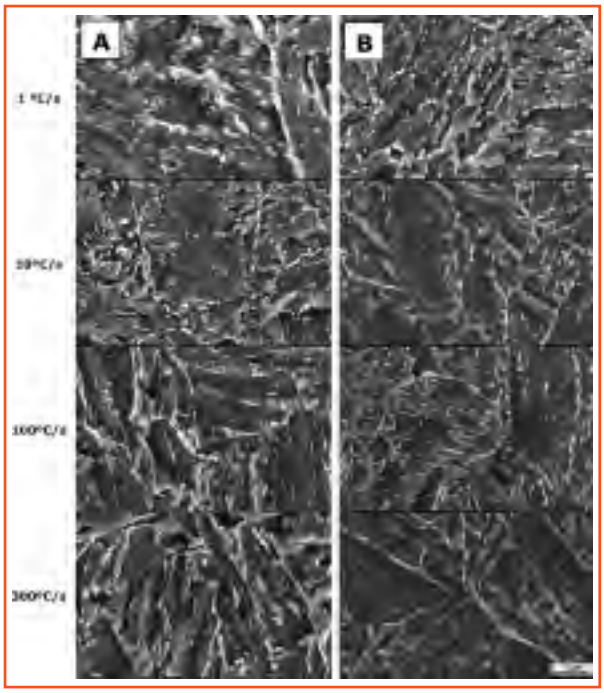


Fig. 3. Influencia de la velocidad de calentamiento en la etapa de revenido en el tamaño de cementitas. Acero A y B, revenido a 700°C durante 2 segundos.

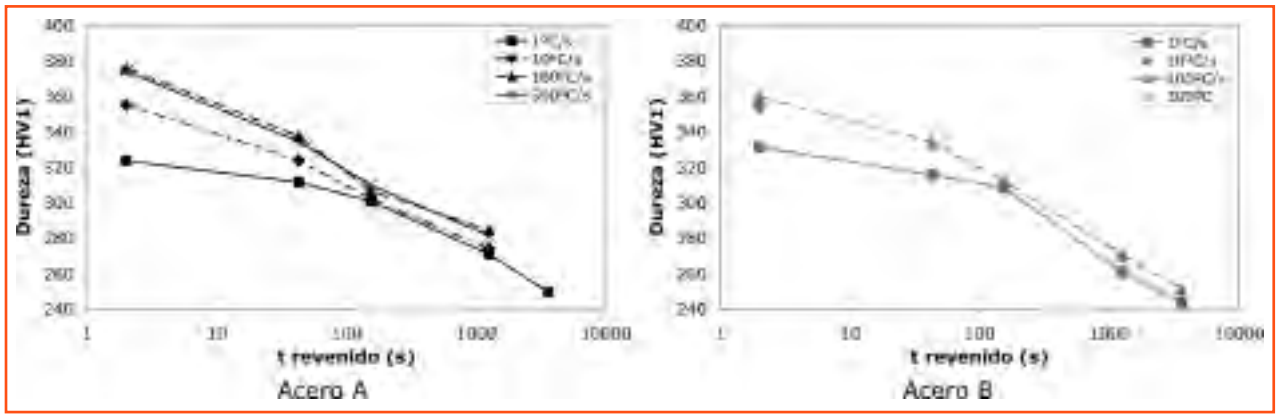


Fig. 2. Evolución de la dureza (Vickers, 1 kg) de la martensita tras un tratamiento de revenido a 700 °C considerando diferentes tiempos de mantenimiento y velocidades de calentamiento.

manteniendo y que las cementitas han precipitado tanto en juntas de alto como de bajo ángulo. En ambos aceros se ha encontrado que la dispersión de carburos es más fina a velocidades de calentamiento más rápidas. En la Fig. 4 se ha representado la distribución de tamaños de los carburos medida para diferentes velocidades de calentamiento. Es evidente que en todos los casos los carburos precipitados en juntas de bajo ángulo son más finos que los formados en juntas de alto ángulo. Asimismo, se observa que independientemente de donde nucleen, al aumentar la velocidad de calentamiento los carburos precipitan de forma más fina.

En la Fig. 5 se muestra como ejemplo la evolución del tamaño de las cementitas a medida que aumenta el tiempo de mantenimiento en el acero A, siendo el comportamiento similar en el acero B. Las micrografías indican un engrosamiento y mayor grado de esferoidización de las cementitas conforme aumenta el tiempo de permanencia. A tiempos largos se puede observar también que en algunas zonas aparecen algunos granos de ferrita equiáxicos, lo que indica recristalización de la martensita en esas condiciones de temperatura elevada y tiempos largos. En cualquiera de las diferentes condiciones de revenido (velocidad de calentamiento) se puede observar que los carburos precipitados en las juntas entre lajas y sobre todo en el interior de lajas de martensita, son significativamente más finos que los precipitados en la antigua junta de grano de la austenita, manteniéndose esta diferencia en todo el rango de tiempos de revenido utilizados.

Puesto que el tamaño de las cementitas es claramente diferente dependiendo de dónde hayan precipitado, se han caracterizado de manera independiente. En la gráfica de la Fig. 6 se ha representado la evolución del tamaño medio de las cementitas precipitadas, tanto en junta de bajo ángulo como de alto ángulo para los dos aceros, considerando dos velocidades de calentamiento diferentes, 1 y 100 °C/s, y a tiempos de mantenimiento crecientes. Con tiempos de revenido bajos, 2-45 segundos, la diferencia de tamaños de los carburos entre los dos aceros no es muy clara. El diámetro equivalente medio de los carburos precipitados en junta de bajo ángulo es mayor en el acero B comparado con el A, mientras que en la juntas de alto ángulo ocurre lo contrario. Sin embargo, a tiempos mayores en todos los casos, los carburos del acero B son de mayor tamaño que los del acero A, donde parece que el tamaño se mantiene constante.

4.2. Influencia del grado de homogeneidad de la austenita

Para analizar el efecto del grado de homogeneidad de la microestructura austenítica previa al temple sobre el posterior revenido, se han realizado una serie de ensayos con el acero B, consistentes en aplicar tratamientos de temple con una velocidad de calentamiento rápida de 100 °C/s hasta 900 °C y únicamente 2 segundos de mantenimiento. Esto permite una transformación total a austenita, pero esta austenita no presenta una disolución completa de los carburos,

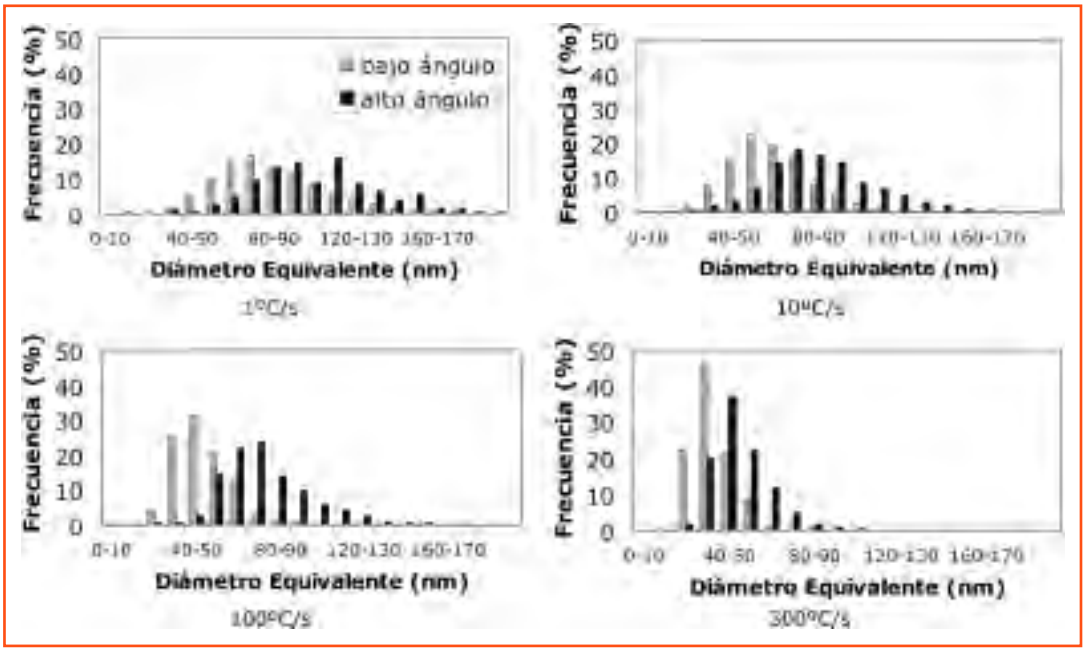


Fig. 4. Distribución de tamaños de cementita en el Acero A tras un tratamiento de temple a 700 °C durante 2 segundos a diferentes velocidades de calentamiento.

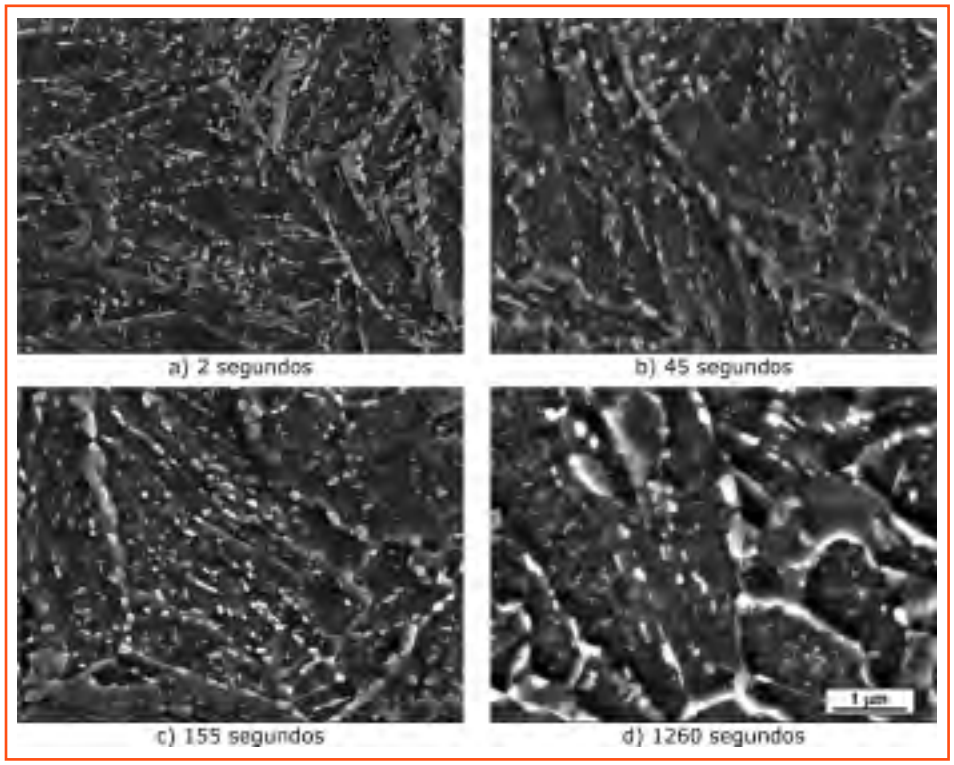


Fig. 5. Influencia del tiempo de mantenimiento de revenido en el tamaño de cementitas. Acero A, calentamiento 100 °C/s hasta 700 °C.

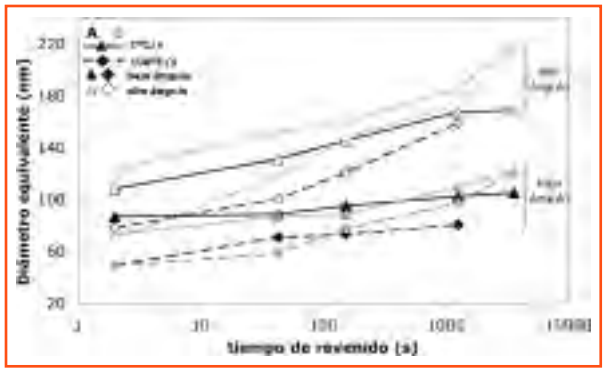


Fig. 6. Evolución del diámetro equivalente medio de cementitas con el tiempo en un revenido a 700°C/s a diferentes velocidades de calentamiento en los aceros A y B.

es decir se trata de una austenita no homogénea, por lo que tras el temple se obtiene una dureza de 641 HV, inferior a la obtenida para el caso anteriormente analizado correspondiente a una microestructura completamente homogénea de la austenita (626 HV). En la estructura de temple se puede observar cómo todavía están presentes carburos sin disolver, localizándose algunas zonas donde se observan restos de la estructura perlítica original, conocida también como "perlita fantasma". Sin embargo, tal y como se puede observar en la Fig. 7, tras el tratamiento de revenido la dureza de las muestras provenientes de un austenizado parcial (AP), es superior a la que se obtiene tras un austenizado completo (AC). Esta tendencia se encuentra para las dos velocidades de calentamiento analizadas, 1 y 100 °C/s, y se mantiene a tiempos crecientes de revenido. En la Fig. 8 se puede observar que tras 2 segundos de revenido, todavía permanece en algunas zonas la denominada "perlita fantasma", siendo mayor su presencia cuanto más rápida es la velocidad de calentamiento en el revenido. Sin embargo, a medida que aumenta el tiempo de mantenimiento, esta estructura parece ir desapareciendo por lo que resulta más difícil encontrarla. En la Fig. 8 se puede observar cómo durante el revenido las cementitas también precipitan sobre la antigua "perlita fantasma", de modo que aparecen zonas donde las cementitas están alineadas marcando la posición de las antiguas láminas de cementita de la perlita inicial. En la Fig. 9 se comparan los valores de tamaño medio de las cementitas, situadas tanto en juntas de bajo como alto ángulo, medidos para las dos condiciones de austenita previa al temple y diferentes tiempos de mantenimiento y velocidades de calentamiento. A tiempos cortos de mantenimiento, el tamaño de los carburos en las juntas de bajo ángulo es similar independientemente de que la austenita esté parcial o completamente austenizada. Ahora bien, en el caso de las muestras austenitazadas parcialmente, las cementitas situadas en junta de alto ángulo son de mayor tamaño. En este caso la presencia de partículas no disueltas desde el inicio del reve-

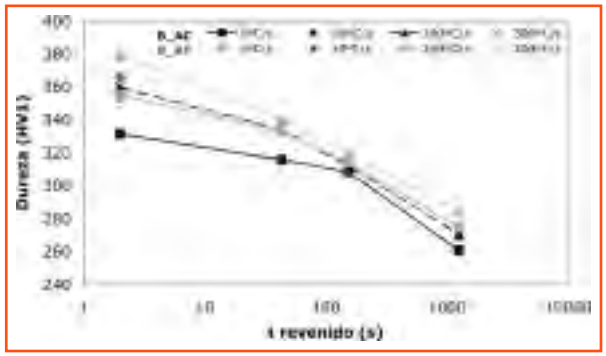


Fig. 7. Influencia de la homogeneidad de la austenita previa en la evolución de la dureza (Vickers, 1 Kg) de la martensita tras un tratamiento de revenido a 700 °C considerando diferentes tiempos de mantenimiento y velocidades de calentamiento en el acero B. (AC: Austenización Completa, AP: Austenización Parcial).

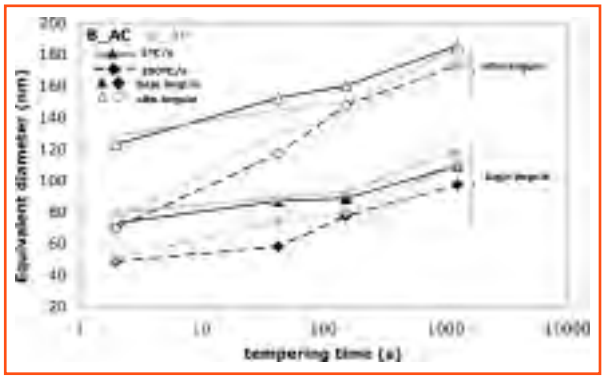


Fig. 9. Influencia del grado de homogeneización de la austenita en el tamaño de las partículas de cementita precipitadas durante el revenido en el acero B. (AC: Austenización Completa, AP: Austenización Parcial).

nido, junto con una muy probable mayor concentración de carbono alrededor de las mismas, puede favorecer el engrosamiento a tiempos cortos de revenido, manteniéndose esta ventaja en el tamaño para tiempos más largos.

5. Discusión

El parámetro de revenido TP propuesto por Hollomon-Jaffe [4] permite relacionar las condiciones de revenido con las propiedades mecánicas. En general cuanto mayor es el parámetro de revenido menor es la dureza. Este parámetro sólo tiene en cuenta la temperatura y el tiempo de revenido una vez que se ha alcanzado la temperatura de revenido, asumiendo que la parte del ciclo térmico correspondiente al calentamiento ejerce un efecto muy pequeño, y por lo tanto despreciable. Esta aproximación no se puede considerar válida en el caso de los tratamientos de revenido por inducción, puesto que los tiempos de mantenimiento más cortos y las temperaturas más elevadas pueden provocar que durante la propia etapa de calentamiento haya ablandamiento. Por lo tanto, habría que introducir de alguna manera la etapa de calentamiento para así poder relacionarla con las propiedades mecánicas como la dureza. En la bibliografía se han propuesto varias aproximaciones para definir un nuevo parámetro de revenido que tenga en cuenta la etapa de calentamiento. Furuhara y otros [8] analizaron las diferentes aproximaciones y observaron que el parámetro que mejor correlación tiene con las medidas de dureza es el propuesto por Tsuchiyama [12]. Este autor propuso la regla de la aditividad para obtener un valor arbitrario del pa-

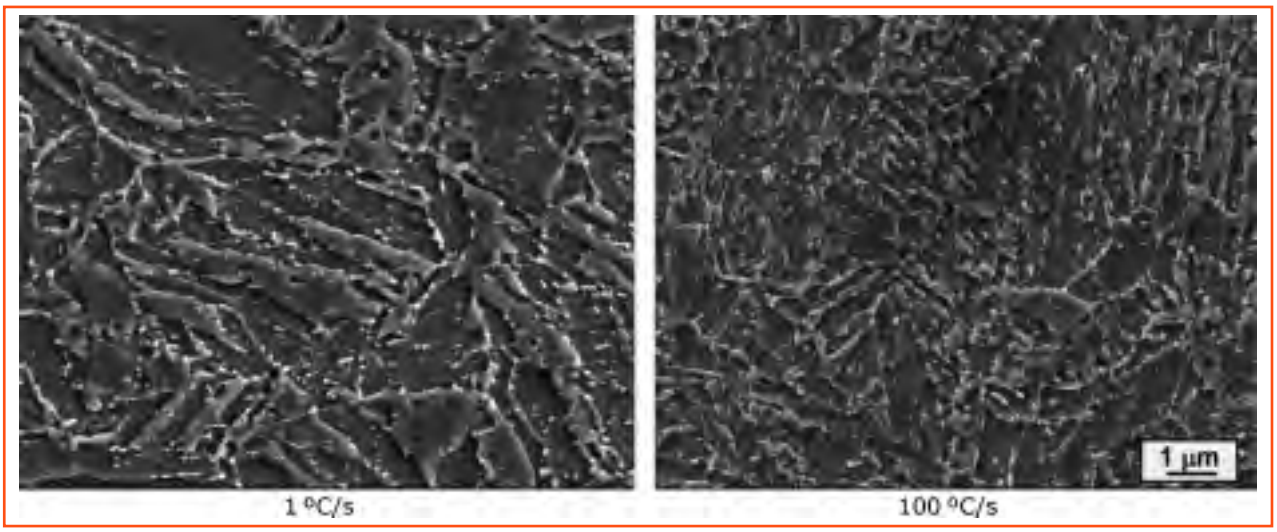


Fig. 8. Perlita fantasma en una martensita revenida hasta 700 °C durante 2 segundos a diferentes velocidades de calentamiento. Acero B_AP.

rámetro de revenido. Según su procedimiento el ciclo de calentamiento y mantenimiento se divide en incrementos cortos de tiempo de mantenimiento isotérmico, de forma que el parámetro de revenido al cabo de n incrementos vendría dado por:

$$Pn = T_n (\log t_n + 20) \qquad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{donde } t_n = 10^{\{(Tn - 1/Tn) \cdot (\log tn - 1 + 20) - 20\}} + \Delta t$$
$$\text{y } T_n = T_{n-1} + \alpha\Delta t$$

Donde α es la velocidad de calentamiento en la etapa de subida hasta la temperatura de revenido, siendo igual a cero durante el mantenimiento. En la Fig. 10 se han representado las medidas de dureza en función de este parámetro, P_n, para los dos materiales. En el acero B se ha considerando la dureza de las muestras con austenización tanto parcial como completa. Se puede observar cómo existe una buena correlación entre la dureza y el parámetro P_n, observando una disminución de la dureza al aumentar P_n, independientemente de la velocidad de calentamiento utilizada. Para una austenización completa, se observa que dentro de la dispersión la dureza es mayor en el acero A que en el B. Ahora bien, cuando se compara la austenización parcial con la completa en el acero B, en todos los valores de P_n la dureza es mayor en las probetas con una austenización parcial. Esta diferencia de dureza se puede deber a la diferencia en el contenido de carbono entre aceros, la fracción en volumen de cementitas y su tamaño, o el grado de ablandamiento.

El tamaño de los carburos es mayor cuanto mayor es el parámetro de revenido, en este caso debido a un aumento del tiempo de mantenimiento. Sin embargo, la velocidad de calentamiento, tal y como se observa en las micrografías y en los gráficos (Fig. 4 y Fig. 11), también influye en el tamaño de las cementitas. Cuanto mayor es la velocidad de calentamiento hay mayor dispersión de cementitas finas. Tal y como describen Furuhara y otros en [8] es necesario un tiempo de incubación para que comience la precipitación de cementitas. La temperatura a la que comienza la nucleación será diferente dependiendo de la velocidad de calentamiento. Cuanto mayor es la velocidad de calentamiento el comienzo de la precipitación de cementita se desplaza a tiempos más cortos, pero también temperaturas más altas. Ello implica que la precipitación podría haber comenzado durante la propia rampa de calentamiento, incluso antes de alcanzar la temperatura de revenido. Con el fin de confirmar este hecho se realizaron unos tratamientos adicionales con el acero A, consistentes en un calentamiento hasta 700 °C, utilizándose velocidades de calentamiento de 1 y 100 °C/s, seguido de

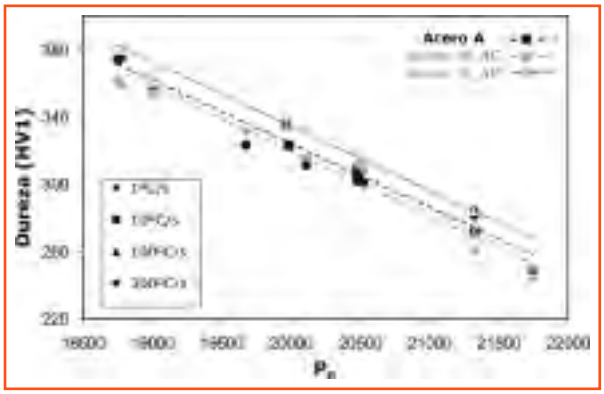


Fig. 10. Relación entre el parámetro de revenido P_n propuesto por Tsuchiyama [12] y la dureza para los aceros A y B.

temple inmediato sin tiempo de mantenimiento (0s). Tras estos ciclos se observó la presencia de cementita precipitada, lo que indica que tal y como sugiere Furuhara, la nucleación y crecimiento de las cementitas ocurre durante el propio calentamiento. Asimismo se ha realizado un tratamiento interrumpido a 600 °C en el acero B con una velocidad de calentamiento de 1 y 100 °C/s donde se observan cementitas de un tamaño ligeramente inferior al medido a 700 °C, lo cual corrobora que la nucleación y crecimiento tienen lugar en la rampa de calentamiento.

De acuerdo con el estudio realizado por Furuhara, al incrementarse la velocidad de calentamiento, la temperatura a la que comienza la nucleación es mayor y conduce a un aumento de la velocidad de nucleación que es mayor en las juntas de alto ángulo, lo que se traduce en precipitación más copiosa de los carburos. Además, un tiempo corto de crecimiento después de la nucleación resulta en un menor tamaño de partículas. Por otra parte, los calentamientos rápidos y ciclos cortos de mantenimiento típicos de los trata-

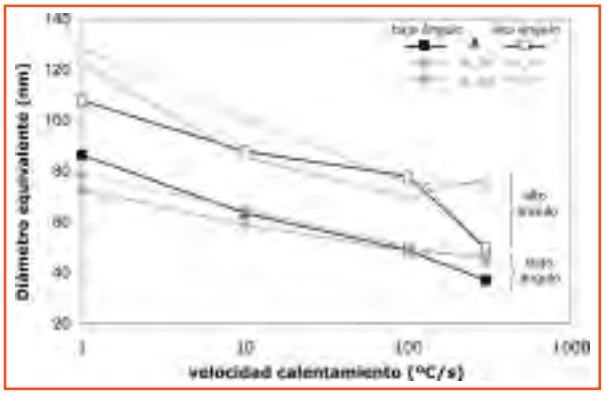


Fig. 11. Influencia de la velocidad de calentamiento en el tamaño medio de las cementitas tras dos segundos de mantenimiento a 700 °C.

mientos por inducción no permiten disminuir el número de dislocaciones, es decir, el grado de restauración de la martensita es menor, a lo cual también contribuyen los precipitados finos que se forman sobre las dislocaciones (retardo en la eliminación de defectos). Puesto que éstas actúan como lugares de nucleación, este hecho también explica la mayor dispersión de carburos a velocidades elevadas.

Por otro lado, el factor de forma de las cementitas no varía significativamente con el aumento del tiempo de mantenimiento ni parece depender de la velocidad de calentamiento, lo cual sugiere que la esferoidización de las cementitas podría comenzar también durante la etapa de calentamiento y a menores temperaturas. Cabría señalar que los precipitados formados en juntas de bajo ángulo, además de ser más finos muestran un alargamiento algo mayor que los precipitados en juntas de alto ángulo, que aparecen más grandes y más redondeados. Esto podría relacionarse con una mayor difusividad del carbono a través de las juntas de alto ángulo que contribuye a un engrosamiento más rápido y por tanto a un mayor grado de esferoidización en este caso.

El tamaño medio de las cementitas es diferente dependiendo de su lugar de nucleación. Tal y como se observa en el histograma de la Fig. 4 existen dos poblaciones de tamaños de cementitas dependiendo del lugar de nucleación. Las nucleadas en junta de alto ángulo son mayores que las de bajo ángulo. Esta diferencia de tamaño y distribución se observa a diferentes velocidades de calentamiento. A medida que aumenta el tiempo de mantenimiento las cementitas crecen, las de mayor tamaño lo hacen a expensas de las más pequeñas. En la Fig. 12 se puede observar cómo la distribución de tamaños se desplaza hacia tamaños mayores al alargarse el tiempo de permanencia. No obstante, se sigue manteniendo la diferencia de poblaciones. Por lo tanto resulta lógico estudiar la cinética de las cementitas de modo independiente.

Nam y otros [9] calcularon la cinética de crecimiento de los carburos durante el temple para un acero CMn medio carbono, según la relación simplificada $d = kt^n$, donde d es el diámetro medio de la partícula, t es el tiempo y n un coeficiente función del mecanismo de engrosamiento (n = 0.33 para la difusión por la matriz, n = 0.25 para la difusión por junta y n = 0.20 para la difusión por dislocaciones). Consideraron también la cinética de los carburos precipitados intergranularmente e intraganularmente por separado, encontrando diferente mecanismo de crecimiento en cada caso. En la Tabla 2 se muestran los valores del coeficiente n obtenidos en los aceros A y B (austenización completa y parcial) a partir de las gráficas de la Fig. 6

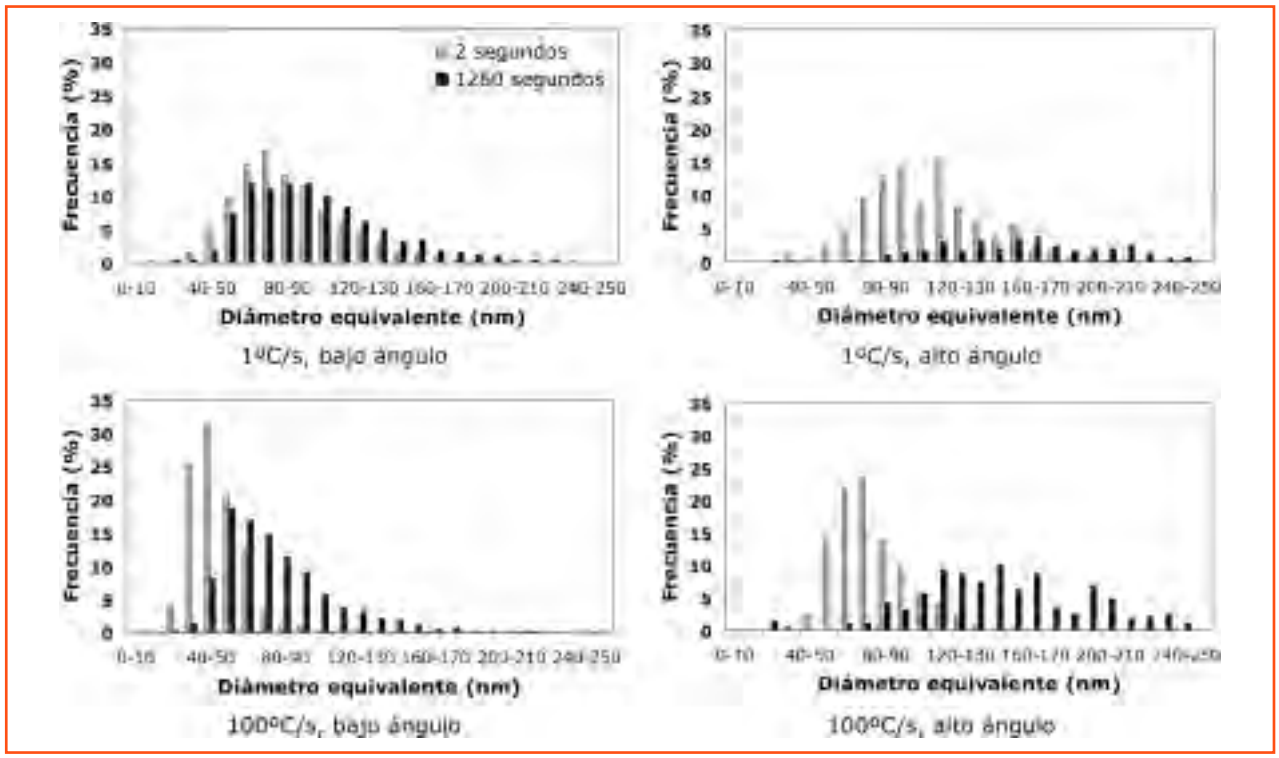


Fig. 12. Distribución de cementitas a diferentes tiempos de mantenimiento, 2 y 1.260 segundos, y velocidad de calentamiento del acero A.

y Fig. 9. Se puede observar cómo el valor de *n* en todos los casos es significativamente inferior a los valores reportados en la bibliografía para condiciones de temperatura de revenido similares, donde se obtienen valores de n que oscilan entre 0.2 y 0.3 para diferentes calidades de acero [9,11,13]. Esta diferencia podría estar relacionada con una importante ralentización de las cinéticas de crecimiento de los carburos por la mayor cantidad de elementos de aleación de los aceros utilizados en este trabajo, principalmente Cr, Mn y Mo. De hecho se observa que el acero A, que presenta un mayor contenido de Cr muestra unas cinéticas algo más lentas que el acero B (valores de *n* algo menores). Nam y otros [14] observaron el mismo resultado en diferentes aceros sometidos a tratamientos IQT. Encontraron que la presencia de Cr y/o Mo conduce a una distribución más fina de partículas de cementita debido a una disminución en la velocidad de engrosamiento de las partículas a temperaturas superiores a 400 °C. La adición de estos elementos también provoca que la esferoidización tenga lugar a temperaturas más elevadas. Hay que señalar que la duración de los tratamientos de revenido por inducción realizados en el presente trabajo (hasta 3.600 s) es muy inferior a los utilizados por otros investigadores en tratamientos convencionales (entre 300 y 10^6 s), lo cuál podría cambiar de forma significativa las cinéticas de engrosamiento y explicaría las diferencias observadas en el valor del coeficiente *n*.

Por otro lado se observa que la cinética de crecimiento de las cementitas localizadas en junta de alto ángulo es algo más rápida. Este comportamiento podría estar relacionado con una mayor energía superficial de las partículas en comparación con las que están localizadas en dislocaciones o juntas de bajo ángulo [11].

Por último, la mayor velocidad de crecimiento de las cementitas que se observa para los tratamientos de revenido con una velocidad de calentamiento más elevada, se podría explicar por una fuerza impulsora mayor para que crezcan los precipitados debido a su menor tamaño inicial, puesto que

Velocidad calentamiento	localización cementitas	n		
		A	B_AC	B_AP
1 °C/s	bajo ángulo	0.03	0.06	0.06
	alto ángulo	0.06	0.07	0.05
100°C/s	bajo ángulo	0.08	0.12	0.12
	alto ángulo	0.11	0.15	0.13

Tabla 2. Valores del coeficiente de engrosamiento n calculado experimentalmente.

han nucleado a una temperatura mayor y por tanto habrán tenido menos tiempo para crecer.

6. Conclusiones

— La velocidad de calentamiento durante el revenido influye en el comportamiento del material y la microestructura. Una mayor velocidad implica una mayor dureza y una distribución de cementitas más fina.

— La distribución de tamaños de las cementitas que precipitan durante el tratamiento de revenido indica que hay dos poblaciones diferentes y que además tienen una cinética de engrosamiento diferente. Las cementitas nucleadas sobre las juntas de alto ángulo crecen más rápido que las nucleadas sobre juntas de bajo ángulo o dislocaciones.

— La presencia de elementos de aleación retrasa el engrosamiento de las cementitas durante el revenido. La cinética de crecimiento de las cementitas en los tratamientos de revenido por inducción es significativamente más lenta que la reportada en la bibliografía para tratamientos convencionales.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia y Tecnología la financiación del proyecto MAT2007-62879.

8. Referencias

[1] F. E. Werner, B.L. Averbach, and M. Cohen, Trans. ASM, 1957, Vol, 49, pp. 823-824.
[2] C. S. Roberts, B.L. Averbach, and M. Cohen, Trans. ASM, 1953, Vol. 45, pp.576-604.
[3] B. S. Lement, B.L. Averbach, and M. Cohen, Trans. ASM, 1954, Vol. 46, pp. 851-881.
[4] J. H. Hollomon, C.D, Jaffe, Trans. AIME, 1945, Vol. 42, pp. 223.
[5] J. D. Wong, D.K. Matlock, G. Krauss, 43rd MWSP Conference Proceedings, ISS, 2001, pp. 21-36.
[6] L. Mendizábal, J.M. Rodríguez-Ibabe, MST´05, Pittsburgh, 2005, pp. 77-84.
[7] S. T. Ahn, D. S. Kim and W. J. Nam, Journal of Materials Processing Technology, 2005, Vol. 160, pp. 54-58.
[8] T. Furuhara, K. Kobayashi and T. Maki. ISIJ International, 2004, Vol. 44, No.11, pp. 1937-1944.
[9] W. J. Nam and C.M. Bae, Scripta Materialia, 1999, Vol. 41, No. 3, pp. 313-318.
[10] S.K. Das, A. Biswas, and R. N. Ghosh, Acta Metallurgica Materialia, 1993, Vol. 14, pp. 777-781.
[11] B. A. Lindsley and A. R. Mardel, Acta Materialia, 1998, Vol. 46, No. 7, pp. 341-351.
[12] T. Thuchiyama, Journal Japan Society, Heat Treatment, 2002, Vol. 42, pp-163.
[13] G. Miyamoto, J.C. Oh, K. Hono, T. Furuhara, T. Maki, Acta Materialia, 2007, Vol. 55, pp. 5027-5038.
[14] W. J. Nam, D. S. Kim, S. T. Ahn, Journal of Materials Science, 2003, Vol. 38, pp. 3611-3617.

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

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

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

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

APLITEC
CODERE SA
SOUTTE
ECONOX
RD
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L.
Tel: +34. 94.426.25.22 Fax: +34. 94.426.22.62

Emison
GRUPO EMISON
C/ Vallirana, 67 - 08006 Barcelona - Teléf.: 938 792 871 - Fax: 932 111 838
Internet: www.emison.com - e-mail: marc@emison.com
- Fabricantes de hornos desde 1957.
- Hornos de crisol.
- Más de 120 modelos en stock.
- Hornos de mufla.
- Hornos para las artes del fuego.
- Depuradores de humos.
- Equipos para joyería.
- Equipos especiales.
- Equipos para laboratorios.
- Tratamiento térmico de metales.
- Estufas de secado y calefacción.
- Equipos de incineración.

tey
Tratamientos Térmicos de Aceros Aleados y Consulting Técnico - Metalúrgico
Polígono Industrial ARTIA
48291 - ATXONDO - Bizkaia
Tlf.: 94 621 55 90
Fax.: 94 620 23 70
administracion@industriastey.com

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

B.M.I. El especialista en hornos para tratamientos térmicos al vacío
Temple gas y aceite
Revenido y recocido
Nitruración baja presión
Nitruración iónica
Cementación baja presión
Soldadura brazing
Sinterizado
MIM
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L. - Apdo. 4052 - 48080 BILBAO - ESPAÑA
TEL: 94.426.25.22 FAX: 94.426.22.62

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

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

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

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

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

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

Shaping industry
Su Proveedor de soluciones en Tratamiento de Superficies
wheelabrator

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

SPECTRO
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

HORNOS ALFERIEFF
contabiliza la construcción
de más de 1100 hornos,
por ello, contamos hoy
con una renombrada
experiencia en el campo
de los hornos industriales.
HEA
HORNOS ALFERIEFF
VISITE NUESTRA NUEVA www.alferieff.com
C/Doctor Marañón, 11 - 28220 Majadahonda (Madrid)
Tel: +34 91 639 69 11 - Fax: +34 91 639 48 18 - Email: hornos@alferieff.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

Termopares especiales
calibraciones ENAC
automatización de procesos
Reguladores
Video-Registradores
pirometría infrarrojo
calibración hornos de vacío
experiencia
desde 200 a 2400°C
Termopares
Suministro y Calibración Industrial s.l.
www.scicompress.com
vendas pt 100
instrumentación
servicio técnico
calibración insitu
calibración TUS
cámara termográfica
todo en temperatura
indicadores
consultoría AMS-2750-D
calibración SAT
experiencia en normativa aeronáutica
Ribera de Axpe 11 d2 L203 48950 Erandio tel.944715271 sci@scicompress.com

BRUKER
ESPECTRÓMETROS OES PARA ANÁLISIS DE METALES
ANALIZADORES ELEMENTALES C/S/N/O/H
ANALIZADORES PORTÁTILES DE Rx
Bruker Biosciences España S.A.
Parque Empresarial Rivas Futura
C/ María Curie 3, Edificio Alfa Planta Baja
28521 Rivas Vaciamadrid (Madrid)
Tel. +34 91 499 40 00 Fax: 91 499 10 08
info@bruker.es
www.bruker-daltonics.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@terra.es
Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC
¥ Laboratorio de ensayo de materiales : an lisis qu micos, ensayos mec nicos, metalogr ficos de materiales met licos y sus uniones soldadas.
¥ Soluci n a problemas relacionados con fallos y roturas de piezas o componentes met licos en producci n o servicio : calidad de suministro, transformaci n, conformado, tratamientos t rmico, termoqu mico, galv nico, uniones soldadas etc.
¥ Puesta a punto de equipos autom ticos de soldadura y rob tica, y temple superficial por inducci n de aceros.
¥ Cursos de fundici n inyectada de aluminio y zamak con pr ctica real de trabajo en la empresa.

testo
testo 350 XL
Instrumentos y sondas de medición portátiles y electrónicos, fabricados conforme el estándar ISO 9001, para los siguientes parámetros:
• Temperatura
• Humedad
• Velocidad
• Presión
• Analizadores de productos de la combustión
• Medidor calidad aceite de cocinar
• Emisiones
• Calidad del aire interior (CO2)
• Análisis de agua
• Luz/Sonido
• rpm
Instrumentos testo S.A. - Zona Industrial c/B nº 2 - 08348 Cabrils (Barcelona)
Tel: 93 753 95 20 - Fax: 93 753 95 26 - www.testo.es - info@testo.es

COMERCIAL
SATEC
PINTURAS PROTECTORAS PARA
TRATAMIENTOS TÉRMICOS "CONDURSAL"
ACEITES RÁPIDOS DE TEMPLE "DURIXOL"
• POLÍMEROS DE TEMPLE, "SERVISCOL Y POLYQUENCH"
• AGENTES LIMPIADORES, "SERVIDUR"
• ACEITES ANTICORROSIVOS Y PAVONADO, "SERVITOL"
COMERCIAL SATEC, S.L.
P.A.E. ASUARAN Edificio Enekuri, nave 9 • 48950 ERANDIO (Vizcaya)
Tel: 94 471 16 63 • Fax: 94 471 17 41
info@comercial-satec.com • www.comercial-satec.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 47
AFE CRONITE 15
APLITEC 45
ARROLA 5
B.M.I. – APLITEC . . . . . PORTADA
BAUTERMIC 19
BRUKER 47
COMERCIAL SATEC 13
EMISON 45
ENTESIS 45
FERROFORMA 13
FISCHER INSTRUMENTS 46
FLEXINOX 45
HORNOS ALFERIEFF . . . . . Contraportada 4
HORNOS DEL VALLÉS 45
INDUSTRIAS TEY 45
INSERTEC 47
INSTRUMENTOS TESTO 47
INTERBIL 3
LIBRO DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS 29
MATIC . . . . . Contraportada 2
METALOGRÁFICA DE LEVANTE 46
MOLDEXPO 7
PROYCOTECME 45
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 46
SINAVAL 17
SPECTRO 47
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL 47
TECNYMAT . . . . . .ACEROS 11
WHEELABRATOR 46

Próximo número

FEBRERO

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