XII CONGRESO NACIONAL DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y DE SUPERFICIE

TRATERMAT 2010

PAMPLONA
20 Y 21 DE OCTUBRE 2010

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE MATERIALES: ACEROS, FUNDICIONES, ALEACIONES NO FÉRREAS, ALEACIONES BIOMEDICAS

TEMPLES SUPERFICIALES, POR INDUCCIÓN Y LASER

TRATAMIENTOS TERMOQUIMICOS: CEMENTACION, NITRURACION, PLASMA OXIDACION

SHOT PEENING Y LASER PEENING

TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE Y RECUBRIMIENTOS: PROYECCIÓN TERMICA, CVD, PVD, IMPLANTACION IONICA

TRATAMIENTOS DE ACTIVACION Y POLIMERIZACION POR PLASMA

HORNOS, INSTALACIONES, TRATAMIENTOS EN VACIO, ATMOSFERAS, FLUIDOS DE TEMPLE Y ENFRIAMIENTOS A GAS, ROBOTICA, INSTRUMENTACION Y CONTROL, MODELIZACION Y SIMULACION.

TECNICAS DE ANALISIS, MICROSCOPIA, ENSAYOS DE RUGOSIDAD, DUREZA, FRICCION, DESGASTE, CORROSION

GESTION DE PROCESOS, CALIDAD, ENERGIA, MEDIO AMBIENTE, PREVENCION DE RIESGOS

www.tratermat2010.com

ORGANIZAN

ain CENTRO DE INGENIERÍA AVANZADA DE SUPERFICIES

atc A.I.T. CSIC inasmet

TRATER Press
FEBRERO 2010 · Nº 15
REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

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

smagua 2010

19 SALÓN INTERNATIONAL DEL AGUA Y DEL RIEGO
INTERNATIONAL WATER AND IRRIGATION EXHIBITION

9 SALÓN DEL MEDIO AMBIENTE
ENVIRONMENT EXHIBITION

2-5 marzo/march 2010
ZARAGOZA (spain)

1.727 EXPOSITORES DE **39** PAÍSES
35.112 VISITANTES PROFESIONALES DE **65** PAÍSES
1.727 EXHIBITORS FROM **39** COUNTRIES
35.112 PROFESSIONAL VISITORS FROM **65** COUNTRIES
*DATOS SMAGUA 2009. FIGURES SMAGUA 2009

EL MAYOR ESCAPARATE TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA DEL AGUA
THE GREATEST TECHNOLOGICAL SHOWCASE OF THE WATER INIDUSTRY

organiza/organised by:

FERIA DE ZARAGOZA
Tel. (+34) 976 76 47 65
Fax (+34) 976 30 09 24
smagua@feriazaragoza.es
www.smagua.es

afe

ufi Approved Event

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

ARROLA

ARROLA diseña instalaciones para el tratamiento térmico de metales férricos y no férricos, dentro de las tecnologías de vacío y atmósfera controlada, con tecnologías innovadoras y adaptadas a los requerimientos solicitados.

Sus soluciones técnicas, la capacidad de servicio y la cercanía al cliente hace de **ARROLA** un proveedor de instalaciones único dentro del mercado nacional.

ARROLA
Polígono Industrial Argixao, 60
20700 ZUMÁRRAGA
GUIPÚZKOA - ESPAÑA
Teléf.: (+34) 943 725 271
Fax: (+34) 943 725 634
www.arrola.es
info@arrola.es

Sumario • Febrero 2010 - Nº 15

Editorial 2

Noticias 4

Nuevo libro "Aceros especiales" • Ajuste eficaz de sistemas térmicos • El nuevo sensor de visión de alto rendimiento • Monografías de José Luis Enríquez • El Grupo Soler siempre apuesta por los retos.

Artículos

- AIN organiza el TRATERMAT 2010 8
- Colaboración entre grupos de la Facultad de Ciencia y Tecnología (UPV/EHU) de la Universidad de Osaka 10
- Seminarios gratuitos "Tecnologías 3D para aplicaciones industriales" 12
- La industria aeronáutica vasca se hace un hueco en el selecto club de proveedores de Boeing 14
- Fórum de Arcas - *Por Juan Martínez Arcas* 16
- La producción española de acero se recupera en el cuarto trimestre de 2009 - *Por UNESID* 18
- El TITAN pasó por Bilbao 19
- CONFEMETAL pide que se creen las condiciones para que la Industria pueda innovar 20
- Oerlikon-Leybold Vacuum presenta su nuevo controlador Combivac CM 51 21
- Analizadores de oxígeno de rápida respuesta G250 y G125 - *Por Entesis* 22
- 25 aniversario de FUNDIGEX - *Por Rafael de la Peña* 23
- Optimización de los tratamientos T5 y T6 de la aleación de aluminio A356 conformada por SLC - *Por S. Menargues, E. Martín, M. T. Baile y A. Forn* 25
- Analizadores de gas portátiles - *Por Entesis* 32
- HANNOVER MESSE 2010 (19 a 23 de abril) 33
- Algunas consideraciones sobre los aceros inoxidables austeníticos para tornillería estampada en frío - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz* (†) 35

Guía de compras 44

Indice de Anunciantes 48

Director: Antonio Pérez de Camino
Publicidad: Ana Tocino
Carolina Abuin

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

Seguimos con fuerza

Por más trabas que nos pongan, seguimos con más fuerza si cabe.

Uno de los retos más importantes para este año en nuestro sector es la organización del TRATERMAT en Pamplona, que le corresponde al Centro de Ingeniería Avanzada de Superficies AIN. Al igual que hemos actuado en ediciones anteriores, vamos a darles todo nuestro apoyo y máxima difusión del evento desde nuestras revistas. Encontrarán más información de dicho evento en pág. 8.

Seguimos la línea de siempre, artículos de gran calidad e importancia como podrán comprobar en este número, noticias, novedades, ... A su vez, anunciaremos y estaremos presentes con la revista al igual que años anteriores, en los distintos eventos que se organicen en el sector. No hay muchos, la verdad sea dicha, pero intentaremos difundirlos ampliamente.

Para terminar y aunque nunca he escrito, ni me ha gustado escribir sobre el tema, dar mi "empujón" para que esta situación económica cambie de una vez, que se tomen medidas desde el Gobierno, que son los que pueden y deben tomarlas. De acuerdo que la situación mundial es mala, pero aquí sin medidas estamos perdidos.

Antonio Pérez de Camino

NOSOTROS VEMOS SUS NECESIDADES EN TRATAMIENTO TERMICO

Hornos de doble cámara con enfriamiento a gas o en aceite.

Hornos de temple de alta presión – 25 bar helio.

Cementación en vacío FineCarb®, Sistema modular rotativo.

Hornos de revenido con retorta y opción de nitruración gaseosa ZeroFlow®.

Aplicación especial, 10-7mbar, 2300C.

Temple a alta presión / Hornos de alto vacío verticales y horizontales.

Sinterizado en vacío.

Turbina de gas / Componente del recubrimiento del sistema de sinterizado.

Repuestos, reparaciones y modernizaciones.

ARROLA®
SERVICIO INTEGRAL PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TERMICO

ARROLA HORNOS Y SERVICIOS, S.L.L.
Polígono Industrial Argixao, 60
E 20700 - Zumarraga (Gipuzkoa) Spain
tel. (+34) 943 725 271; fax (+34) 943 725 634
info@arrola.es www.arrola.es

Persona de contacto:
Bakarne Egiguren Soraluze
begiguren@arrola.es

SECO/WARWICK

EQUIPO DE TRATAMIENTO TERMICO EN VACIO

SECO/WARWICK S.A.
ul. Sobieskiego 8
66-200 Swiebodzin Polonia
tel. + 48 68 3820 500; fax + 48 68 3820 555
info@secowarwick.com.pl www.secowarwick.com.pl

Persona de contacto:
Bartosz Rybczynski, tel. + 48 68 3820 561
b.rybczynski@secowarwick.com.pl

Elterma S.A.®
SECO / WARWICK GROUP

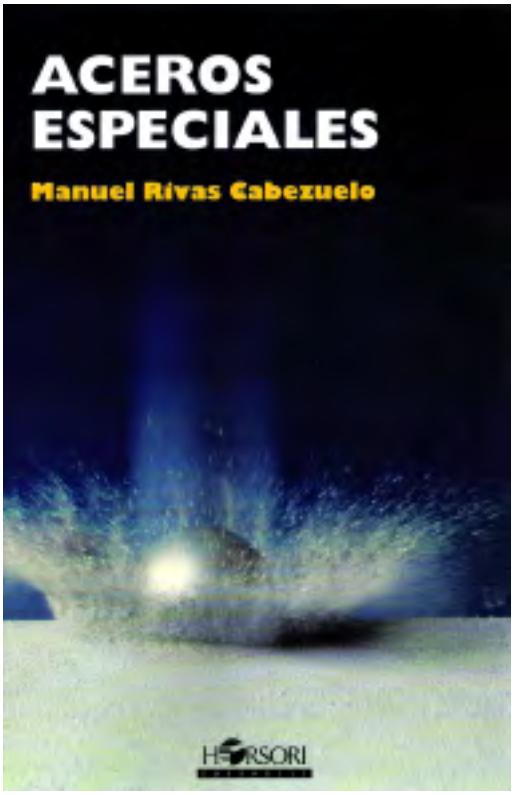
LZT ELTERMA S.A.
ul. Świerczewskiego 76,
66-200 Swiebodzin Polonia
tel. +48 68 3819 800; fax +48 68 3819 805
elterma@elterma.com.pl www.elterma.com.pl

Persona de contacto:
Jesús Armando Morán Gallardo, tel. +48 68 3819 837
j.moran@elterma.com.pl

Nuevo libro "Aceros especiales"

Este nuevo libro ha sido editado por Manuel Rivas, de la empresa Erasteel. Es ingeniero metalúrgico graduado por la Universidad de Gotemburgo (Suecia), como director gerente para España y Portugal.

El libro contiene 495 páginas en formato 24 x 16 cm. Consta de 18 capítulos; "Cambios estructurales en los procesos térmicos del acero - Mecanismos de endurecimiento de los metales - La Martensita, objetivo del temple - Influencia de los elementos de aleación en el acero - Introducción al proceso de fisuración y rotura - Diagramas TTT y CCT. Aspectos teóricos y prácticos - Las inclusiones no metálicas - El Proceso ESR - El acero rápido y su tratamiento térmico - Aceros rápidos de pulvimetalurgia - Tratamiento térmico del acero para herramientas - El revenido de los aceros para herramientas y rápidos - El rectificado de los aceros especiales - Recubrimientos superficiales en los aceros - Herramientas de forja - Cálculos para la presión radial (P) - La fatiga térmica en los aceros para trabajo en caliente - Soldabilidad de los aceros.



Info 1

Ajuste eficaz de sistemas térmicos

El incremento del coste de los carburantes hace necesaria la monitorización eficaz de los sistemas de combustión mediante la medición de sus emisiones. Instrumentos Testo, S.A. introduce en el mercado un analizador equipado con 4 sensores de gases con el que efectuar dichas mediciones de forma rápida, sencilla y preparada para el futuro. El analizador portátil de los productos de la combustión testo 340 ofrece la mejor manejabilidad para la toma de mediciones puntuales en quemadores o motores industriales.

La característica principal del analizador es que está equipado de serie con un sensor de O_2 y dispone de 3 zócalos más para la instalación de 3 sensores de gases, a elegir entre 6 disponibles: CO, CObajo, NO, NObajo, NO_2 o SO_2. Estos sensores son fácilmente reemplazables por el usuario, por lo que el analizador siempre se puede adaptar a cada necesidad de medición y así minimizar los periodos de mantenimiento.

Otra característica destacada es la ampliación del rango de medición de los sensores, por lo que el analizador puede medir incluso a elevadas concentraciones de gas. Su cubierta protectora de goma lo protege contra impactos durante su uso diario.

El nuevo analizador de los productos de la combustión Testo resulta especialmente adecuado para la puesta en marcha, mantenimiento y reparación en:

- Calderas industriales.
- Motores fijos industriales.
- Turbinas de gas.
- Sistemas de procesos térmicos.

Info 2

El nuevo sensor de visión de alto rendimiento

El nuevo I40 es el tercer miembro de la familia Inspector. Ofrece la misma sencillez de uso que el I10 con la flexibilidad del I20. Además de ofrecer las características ya conocidas, el I40 es capaz de realizar una inspección con la máxima garantía de control sobre toda la cadena de producción, lo que lo convierte en el mejor aliado para la inspección de piezas.

En las plantas de producción a gran escala, donde es necesario

Hornos
Laboratorio e industriales

Quemadores
recuperativos y regenerativos

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

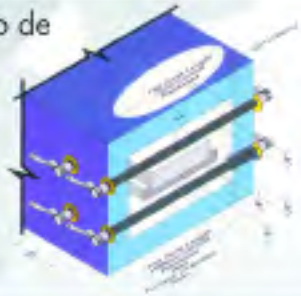
AEG
Power supply systems

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

dar respuesta a varias tareas de inspección con multitud de configuraciones diferentes, es vital contar con una solución flexible junto con un sistema integral de control centralizado de la producción. Normalmente, un sensor de visión no es capaz de todo ello, por lo que los clientes se ven resignados a optar por soluciones más complejas y costosas. El I40 permite inspeccionar las piezas bajo un concepto similar al de una cámara inteligente.

De este modo se consigue una inspección de alta fiabilidad, una configuración flexible y la capacidad de controlar la totalidad de la producción sin que aumente la complejidad ni el coste.

Info 3

Monografías de José Luis Enríquez

Un equipo de la Escuela de Minas de Madrid, coordinado por nuestro colaborador el profesor José Luis Enríquez ha acometido la elaboración y publicación de una serie de monografías sobre temas prácticos de Siderurgia y Fundición.

En estos días han completado una serie que abarca la fabricación del acero (hornos eléctricos, metalurgia secundaria, colada y laminación).

Ha sido un trabajo lo más completo posible, acompañado de dibujos y gráficos, que se encuentra colgado en el Repositorio (archivo digital) de la Universidad politécnica de Madrid (UPM).

El mismo equipo está preparando otra publicación sobre la fabricación de piezas cilíndricas (camisas de motor, rodillos de laminación, cilindros de molinos, tubos ...), que verá la luz en el plazo más corto posible.

Los cuatro capítulos de Acería pueden descargarse gratuitamente en:

http://oa.upm.es/1000/
http://oa.upm.es/1669/
http://oa.upm.es/2074/
http://oa.upm.es/1929/

Info 4

El Grupo Soler siempre apuesta por los retos

IES, fabricante de resistencias y recientemente distribuidor de sirenas para señalización de vehículos de emergencia y servicios, ha sido el principal patrocinador de nuestro campeón Joan Pedrero en la edición del Dakar Argentina-Chile 2010.

El joven piloto de Canet de Mar (Barcelona) este año ha sido la gran revelación motorística demostrando ser el mejor en su categoría.

Ha sido el primer español y catalán clasificado en la General de Motos, consiguiendo formar parte del Top Ten de su categoría. Gran hazaña la que ha logrado, Pedrero nos ha hecho disfrutar durante todos los días de la competición y nos ha dado una buena lección de que con esfuerzo, constancia y pasión se llega al éxito.

Info 5

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

HORNOS ALFERIEFF

CONSTRUYENDO FUTURO

contabiliza la construcción

de más de 1100 hornos,

por ello, contamos hoy

con una renombrada

experiencia en el campo

de los hornos industriales.

DISEÑANDO Y FABRICANDO

HORNOS Y ESTÚFAS INDUSTRIALES

DESDE 1945

HORNOS ALFERIEFF®

HEA

Avda. Reyes Católicos, 2- 1ºB - 28220 Majadahonda (Madrid) - Tel: +34 91 639 69 11 - Fax: +34 91 639 48 18 - Email: hornos@alferieff.com

www.alferieff.com

AIN organiza el TRATERMAT 2010

El Centro de Ingeniería Avanzada de Superficies de AIN fue designado hace dos años para organizar la duodécima edición del Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficies TRATERMAT 2010, que se celebrará en Pamplona, los días 20 y 21 de Octubre de 2010.

El congreso TRATERMAT es la cita más importante para las empresas y grupos de investigación que trabajan en el campo de los tratamientos térmicos y de superficies. A diferencia de otros eventos, de carácter exclusivamente académico, el congreso TRATERMAT se ha caracterizado siempre por una importantísima participación de empresas tratamentistas, metalúrgicas y de bienes de equipo, que equilibra la también destacada participación de investigadores de universidades, CSIC y centros tecnológicos. Es uno de los mejores ejemplos de contacto entre investigación y aplicación industrial y no es, por tanto, extraño, que sea un inmejorable foro para el lanzamiento de nuevos proyectos y el establecimiento de relaciones entre empresas y grupos de investigación.

El congreso se celebrará en el mes de octubre, en los comienzos del otoño pamplonés, que suele ser una época acogedora y soleada, ideal para pasear por los numerosos parques de la ciudad o para explorar su centro histórico. Aunque las sesiones del congreso se concentran en los días 20 y 21, los actos sociales previstos se extenderán del martes 19 al viernes 22.

Los plazos de inscripción y de envío de trabajos se encuentran actualmente abiertos. Toda la información relativa al congreso puede encontrarse en la página web http://tratermat2010.com. Desde la organización se confía en una amplia participación en este evento que, a pesar de celebrarse en una época de notable incertidumbre económica, puede servir de punto de inflexión para numerosas empresas que encontrarán en el TRATERMAT el marco ideal para realizar los contactos o el esfuerzo comercial que les ayude a superar la actual coyuntura.

Nitruración iónica con pantalla activa

- Alta densidad de carga.
- Bajo consumo de gas (sin NH3).
- Perfectamente respetuoso con el medioambiente.
- Flexibilidad del tipo de capa nitrurada…

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

MTC
Metal Treatment Consult

Su contacto en Francia

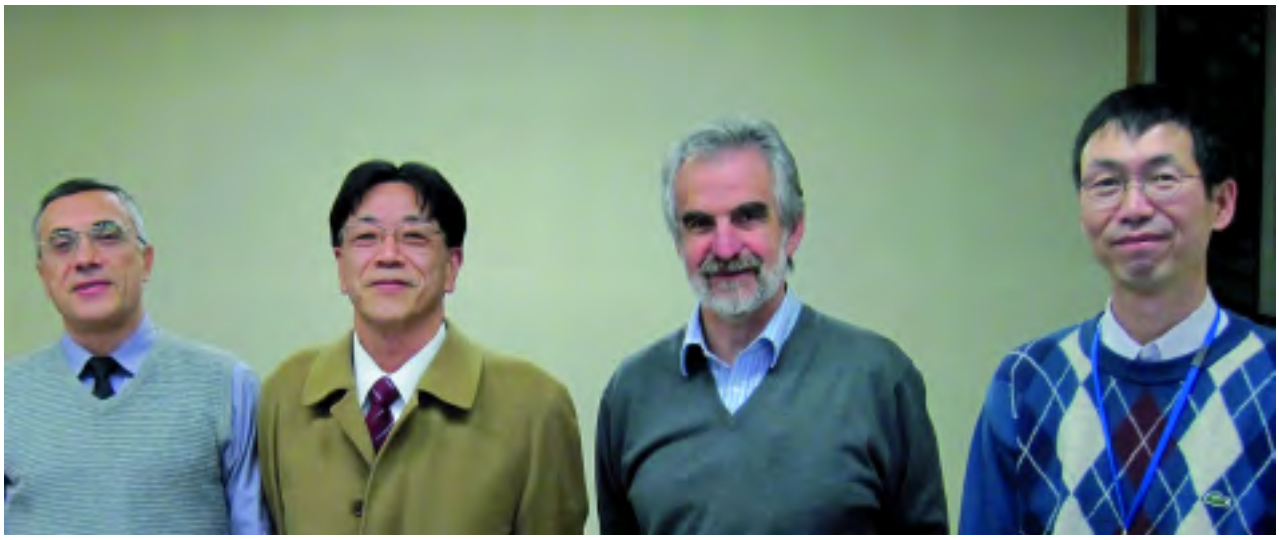
101 rue de Mundelsheim 73290 LA MOTTE SERVOLEX
Tel : 0033 479 65 11 57 E-mail : lducerf@mtc-fours.com

Colaboración entre grupos de la Facultad de Ciencia y Tecnología (UPV/EHU) y de la Universidad de Osaka

Los investigadores del Grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos de la Facultad de Ciencia y Tecnología (UPV/EHU), José Manuel Barandiarán (catedrático de Física Aplicada) y Volodymyr Chernenko (investigador Ikerbasque), han visitado recientemente la Graduate School of Engineering de la Universidad de Osaka (Japón), por invitación del Profesor Tomoyuki Kakeshita, y han participado en un seminario especial sobre Aleaciones Ferromagnéticas con Memoria de Forma.

En dicho seminario intervinieron también el Profesor Antoni Planes (Universidad de Barcelona) y el Prof. Xuejun JIN (Universidad de Shangai), así como los profesores Tomoyuki Kakeshita y Takashi Fukuda de la Universidad de Osaka y sus estudiantes de Master y Doctorado. El Dr. Chernenko permanecerá en Osaka hasta mediados de marzo, impartiendo un curso de doctorado sobre transformaciones de fase.

Las Aleaciones Ferromagnéticas con Memoria de Forma se incluyen entre los Materiales Inteligentes (Smart Materials) o Multifuncionales, objeto de estudio de los citados investigadores de la Facultad de Ciencia y Tecnología dentro del proyecto "ACTI-



De izda. a dcha.: Dr. Chernenko (Iberbasque, FCyT, UPV/EHU), Prof. Kakeshita (Vicedean, Graduate School of Engineering, Osaka University), Prof. Barandiarán (catedrático, FCyT, UPV/EHU), Prof. Fukuda (Associate Professor, Graduate School of Engeniering, Osaka University) durante un descanso del Seminario sobre Aleaciones Ferromagnéticas con Memoria de Forma.

MAT", que pertenece al programa ETORTEK de investigación estratégica y está financiado por el Departamento de industria del Gobierno Vasco.

Dichos materiales, aparte de interesantísimas propiedades básicas centradas en la transformación martensítica, tienen una importante proyección en la vida cotidiana como elementos sensores, actuadores sin contacto, absorbentes de energía para amortiguación, etc, ... por lo que son objeto de intensos estudios a nivel mundial.

La visita ha supuesto un contacto importante con el grupo del Profesor Kakeshita, uno de los mayores expertos en transformaciones martensíticas y magnetismo. La colaboración que ha comenzado ahora se concretará, previsiblemente, en un convenio entre la Universidad de Osaka y la UPV/EHU en un futuro próximo.

Reconocimientos al grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos

Javier Alonso Masa, doctorando del grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos (departamento de Electricidad y Electrónica) obtuvo el premio al mejor póster de la sesión A del prestigioso congreso: 2010 Joint MMM-Intermag Conference (19-22 de Enero, Washington DC), por el trabajo: "Collective Magnetic Behaviours in FexAg100-x granular thin films (20 < x < 55)".

El premio fue entregado, en nombre del Comité Organizador del congreso, por el Prof. Kevin O´Grady, presidente del mismo.

Asimismo, el trabajo titulado “Magnetic moment distribution in non stoichiometric Ni—Mn—Ga ferromagnetic shape memory alloys”, presentado por la Dra. Patricia Lázpita del Grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos, obtuvo el premio al mejor póster en el workshop internacional sobre difracción de monocristales con neutrones polarizados (International Workshop on Single Crystal Diffraction with Polarized Neutrons (Flipper 2010)) celebrado en Grenoble (Francia) del 26 al 29 de Enero de 2010.

Seminarios gratuitos “Tecnologías 3D para aplicaciones industriales”

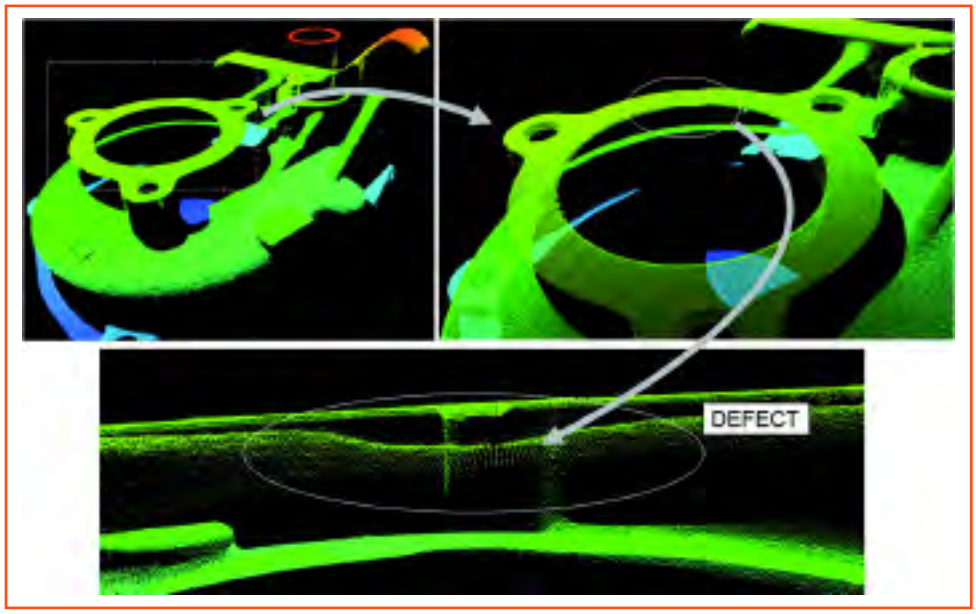
INFAIMON, empresa especializada en sistemas de visión artificial presenta un nuevo seminario gratuito con el tema "Tecnologías 3D para aplicaciones industriales".

El seminario tendrá lugar el 11 de marzo en Barcelona, en el Centro de Visión por Computador Edifici 0 – Campus UAB 08193 Bellaterra.

En los últimos años se ha producido un notable incremento en el desarrollo de aplicaciones basadas en el tratamiento de imágenes y otras tecnologías de visión artificial con especial énfasis en la obtención de información tridimensional.

Las diferentes tecnologías aplicadas, así como los nuevos dispositivos de captura y tratamiento de imágenes, han permitido que las aplicaciones de tratamiento de imagen en tres dimensiones (3D) hayan pasado de ser temáticas a convertirse en técnicas habituales en la industria.

Es por ello que INFAIMON, presenta un seminario sobre aplicaciones 3D, tanto desde el punto de vista teórico como práctico, centrándose en las técnicas de Triangulación Láser y Tiempo de Vuelo (TOF).



El seminario está orientado a directivos, responsables de I+D, responsables de innovación, investigadores, especialistas relacionados con tratamiento de imagen, y, de forma general, a todos los potenciales usuarios de este tipo de soluciones.

DISEÑAR

CREAR

PRODUCIR

INDUSTRIE

PARIS / 2010

22 | 26 DE MARZO DE 2010

PARIS-NORD VILLEPINTE | FRANCIA

EL SALÓN DE LOS PROFESIONALES DE LAS **TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN**

Machine Outil | Form & Tôle

Soudage | Control France

Inter Outil Expo | SITS

Thermic | Assemblage

Robotique | IND.eo

Si desea cualquier información complementaria para exponer o visitar, póngase en contacto con:
Servicom Consulting&Marketing
José Abascal, 44 - 28003 Madrid
Tel.: 91 395 28 88
Email.: servicom@servicomconsulting.com
www.servicomconsulting.com

Solicite su pase gratuito en www.industrie-expo.com
Contraseña: PUB

26 BIENAL ESPAÑOLA DE MÁQUINA-HERRAMIENTA

Del 31 Mayo al 5 Junio 2010

BIEMH

¿Momentos difíciles?

BIEMH - 2010
La mejor herramienta para superarlos

¡Utilízala!

Además, en esta edición, podrás beneficiarte de **importantes ventajas y bonificaciones.**

¡¡Inscríbete ya!!

Infórmate: 944 040 091
biemh@bec.eu

Co-organizan:

AFM
Asociación Española de Fabricantes de Máquinas-herramienta

BEC! BILBAO EXHIBITION CENTRE

La industria aeronáutica vasca se hace un hueco en el selecto club de proveedores de Boeing

Después del hito que ha supuesto para la industria aeronáutica vasca el primer vuelo del avión de transporte A400M de Airbus, el sector vasco continúa diversificando el abanico de clientes y nichos de mercado en los que interviene, con su participación en el avión de largo recorrido B787, correspondiente al fabricante norteamericano Boeing.

Un total de trece empresas del Cluster de Aeronáutica y Espacio HEGAN han desarrollado y aplicado nuevas tecnologías en este programa, desde las fases de ingeniería de grandes aeroestructuras completas, en las que interviene Aernnova, hasta el kit del tren de aterrizaje delantero de DMP y los motores, un capítulo en el que la compañía ITP-Industria de Turbopropulsores es socio a riesgo en el motor Trent 1000, uno de los dos motores al que pueden optar las líneas aéreas, junto al equipo de General Motor. Se espera que los avances en la tecnología de estos motores contribuirán hasta en un 8% al incremento de la eficiencia del nuevo avión.

La aportación se ITP se concreta en la ejecución del diseño, fabricación y montaje completo de la turbina de baja presión o LPT por sus siglas en inglés y el Rear Frame. En el área de motores, otras empresas han participado asimismo con la fabricación de diversos componentes y tratamientos de superficies que permitan a los materiales adquirir características excepcionales ante la fatiga y el desgaste. En el campo de las aeroestructuras destaca la ingeniería conceptual del ala del B787 y otros elementos, así como utillajes. Finalmente en el capítulo de sistemas y equipos, las empresas vascas han aportado diversos componentes y subconjuntos.

Estados Unidos representa actualmente el cuarto mercado internacional para la industria aeronáutica vasca, tras Brasil, Alemania y Reino Unido, con una cuota del 14% de las exportaciones totales de las empresas de HEGAN en el último año y una cifra cercana a los 125 millones de euros. Este destino geográfico de las exportaciones vascas no ha dejado de crecer en los últimos años. El mercado exterior alcanzó el pasado año una cifra de 884 millones de euros para los socios de HEGAN, aproximadamente el 72% de las ventas totales de este periodo. La industria aeronáutica es global y por tanto cualquier avión busca la participación de empresas europeas y los trabajos se reparten entre varios países.

Boeing ha anunciado que cerca de un 50% de la estructura principal del 787, incluyendo fuselaje y alas, estará hecha de materiales compuestos. El modelo 787-8 Dreamliner transportará entre 210 y 250 pasajeros en rutas de entre 14.200 Km. y 15.200 Km., mientras el 787-9 Dreamliner acomodará entre 250-290 pasajeros en rutas de entre 14.800 km. y 15.750 km. Un tercer modelo de la familia 787, el 787-3 Dreamliner albergará 290-330 pasajeros con una autonomía de vuelo de 4.600 km. a 5.650 Km.

El 787 ha volado finalmente con un retraso similar al del A400M y superior al que supuso el A380, un hecho que se debe a las propias características del lanzamiento de nuevos programas con exigencias tecnológicas extremas, lo que hace difícil llegar a los plazos previstos. El avión proporcionará a las líneas aéreas una gran eficiencia en cuanto a consumo de combustible, con los consiguientes beneficios para el medio ambiente, según asegura el fabricante estadounidense, ya que este avión utilizará un 20% menos de combustible que cualquier otro avión de su tamaño en misiones similares y las aerolíneas dispondrán de más ingresos por carga. También los pasajeros apreciarán mejoras en el nuevo avión, con un ambiente interior en el que el nivel de humedad es mayor al igual que la comodidad.

El desembarco de la industria vasca en la participación en nuevos programas, con una vida media de 20 a 30 años, conlleva un importante elemento de diversificación de las actividades de estas empresas a medio y largo plazo.

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.

Es mucho el interés que ha despertado en este Fórum el tema de "CÓMO FALLAN LOS MOLDES".

Se nos han presentado diferentes técnicas prácticas o procedimientos para alargar la vida de los moldes de inyección a presión de metales, vamos a intentar resumirlas:

Técnica o procedimiento nº 1

Elección del acero para la fabricación de los moldes: Se recomienda de una forma general el tipo H 13 de A.I.S.I., pero de elaboración especial.

La tabla que se expone vemos que se presenta el acero en cuestión con sus equivalencias a diferentes normas oficiales. Se han incorporado dos aceros como son el H 10 y el H 11, que también suelen utilizarse para el mismo fin, pero para solicitaciones en servicio con mayor severidad o menor, según, los casos (en otra ocasión se puede hablar de cuales son esas solicitaciones).

La composición química del acero H 13, básicamente es en %: C 0,4 - Mn 0,35 - Si 1 - Cr 5,25 - V 1 - Mo 1,5, por lo tanto se trata de acero hipereutectoide (con gran cantidad de carburos primarios) y también de alta templabilidad con buena combinación de resistencia, dureza en caliente, tenacidad, ductilidad y excelente respuesta al tratamiento térmico.

Existen muchas marcas de acererías diferentes en todo el mundo, aunque predominan las europeas, con especificaciones y pequeñas variantes de esta aleación, así como diferentes sistemas y técnicas de elaboración y fabricación del H 13, recibiendo varios nombres complementarios para distinguirlos de sus concurrencias en el mercado. Estas técnicas entre otras corresponden a las designadas como:

ESR (Electro Slag Refining),

HIP (Hot Isostatic Pressing)

Seguiremos en el próxio número de la revista.

Tabla de equivalencia según norma

W.Nr.	UNE-EN actual Simbólica	UNE antigua (no vigente)	DIN	BS	UNI	AFNOR	AISI-SAE	JIS
1.2343	X37CrMoSiV5-1	F-5317	X38CrMoV5-1	BH11	X37CrMoV5 1KU	X38CrMoV5 Z38CDV5	H11	SKD6 -
1.2344	X40CrMoSiV5-1	F-5318	X40CrMoV5-1	BH13	X40CrMoV5 1 1KU	X40CrMoV5 Z40CDV5	H13	SKD61 -
1.2365	32CrMoV12-28	F-5313	X32CrMoV3 3	BH10	30CrMoV12 27KU	32CrMoV12-28 32CDV12-28	H10	SKD7 -

• Gran disponibilidad de modelos.
• Alta variedad de calidades.
• Piezas a medida según plano.
• Tubos radiantes.
• Rodillos.
• Parrilas.
• Cestones/cadenas.
• Muflas/Potes de recocido.
• Recuperadores.
REPRESENTANTE PARA ESPAÑA Y PORTUGAL
Tecnymat Aceros, S.L.
Polígono Industrial Izarza - 48150 Sondika (Vizcaya)
Teléf.: 944 710 035 - Fax: 944 710 227
tecnymat@telefonica.net
SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS
GmbH & Co. KG

TRATER press
Suscripción anual 2010
6 números
90 euros
pedeca@pedeca.es
Tel.: 917 817 776
Fax. 917 817 126

MAQUINAS DE LAVADO Y DESENGRASE INDUSTRIAL PARA TODO TIPO DE PIEZAS
HORNOS INDUSTRIALES HASTA 1300ºC
ESTUFAS ESTÁTICAS Y CONTINUAS HASTA 600ºC PARA CALENTAR Y SECAR
Fabricamos:
·HORNOS Y ESTUFAS PARA:
- Templar, - Secar, - Fundir ...
·INSTALACIONES DE PINTURA:
- Lavado, - Fosfatado, - Pintado ...
INSTALACIONES PARA EL PINTADO DE PIEZAS DIVERSAS
·MÁQUINAS PARA TRATAR SUPERFICIES:
- Lavar, - Desengrasar, - Fosfatar, - Secar ...
Bautermic
Tel: 933 711 558 - Fax: 933 711 408
www.bautermic.com
e-mail: comercial@bautermic.com

La producción española de acero se recupera en el cuarto trimestre de 2009

Por UNESID

Con un aumento del 30% respecto del último trimestre de 2008 y después de un drástico recorte en los primeros meses del año, la producción española de acero bruto se recupera en el cuarto trimestre de 2009.

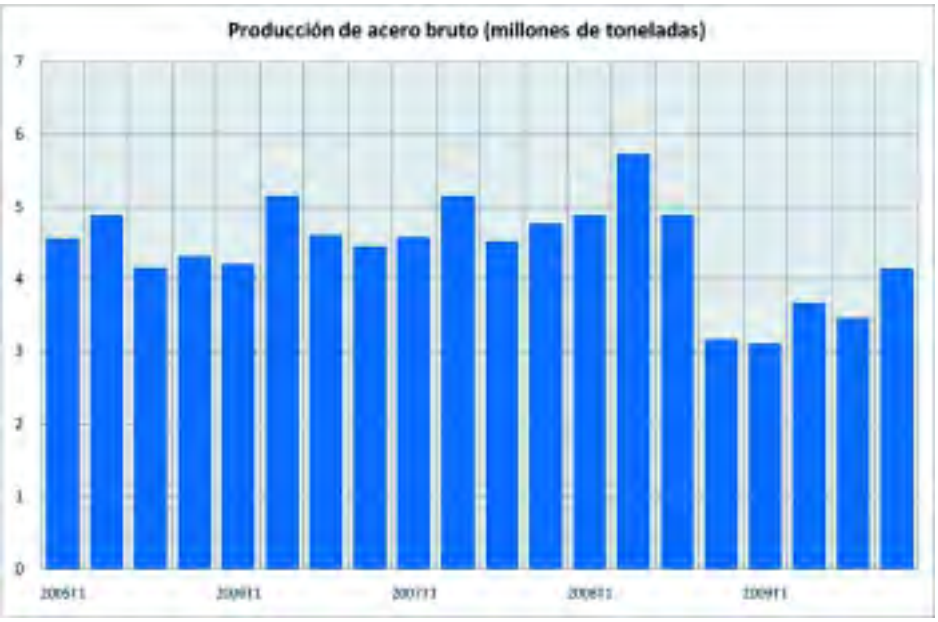
La producción española de acero bruto fue de 14,4 millones de toneladas en el año 2009, lo que supone una disminución del 22,9% respecto del año anterior.

Después de un drástico recorte en los primeros meses del año, la producción se recuperó en el cuarto trimestre, con un aumento del 30% respecto del último trimestre de 2008 y tan sólo un 8% inferior a la media de los años 2005-2007, antes del comienzo de la crisis económica y financiera.

La disminución de la producción de acero ha estado motivada por la debilidad de todos los sectores consumidores (construcción, automóvil, bienes de equipo, electrodomésticos, etc.), sin que el importante esfuerzo exportador de las empresas españolas (las exportaciones a países terceros han aumentado el 42% en volumen hasta el mes de octubre) haya podido compensar la caída de la demanda interna.

Los datos disponibles de comercio exterior (hasta el mes de octubre de 2009) indican una reducción del consumo aparente del 56%. UNESID estima que esta reducción del consumo aparente se moderará cuando se hagan públicos los datos de comercio exterior hasta el mes de diciembre.

Se adjunta gráfico de producción trimestral de acero bruto del 2005 al 2009.



El TITAN pasó por Bilbao

El Heat Treatment Workshop de Ipsen celebrado el pasado 17 de noviembre tuvo su presentación en España concretamente en Bilbao, en su museo marítimo. Hasta allí nos desplazamos con la revista TRATER Press (único medio presente en el evento) y pudimos comprobar el nuevo horno de vacío compacto TITAN de Ipsen.

Es una nueva herramienta universal para los talleres de tratamiento térmico y para todas las empresas y centros de investigación que desean realizar tratamientos térmicos ellos mismos o cubrir nuevas áreas de negocio.

Alrededor de 40 personas presenciamos el evento en 3 presentaciones técnicas.

Los visitantes pertenecían a distintas compañías usuarias de hornos para el tratamiento térmico, tanto clientes ya de la firma como no.

Quedaron impresionados de la avanzada técnica y sus ventajas de uso, sencillo, versátil y fiable.

CONFEMETAL pide que se creen las condiciones para que la Industria pueda innovar

El Informe de Coyuntura Económica y Laboral de la Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal, correspondiente al mes de febrero, demanda de las administraciones que el marco en el que operan las empresas industriales permita a ésta afrontar procesos de investigación e innovación lo que ha de pasar, ineludiblemente, por garantizar un entorno competitivo para la industria.

En el informe de CONFEMETAL se señala que, incluso partiendo de las difíciles circunstancias actuales, la industria tiene todavía un considerable potencial de crecimiento y empleo que habrá de apoyarse en mayores inversiones en investigación e innovación.

Los ciclos de vida de los productos de la industria –sean bienes de capital o de consumo– se están acortando día a día. Como resultado de ello, las empresas deben centrarse aún más en la producción de productos innovadores que se adapten a los rápidos cambios de las necesidades de sus clientes en el mercado.

En un entorno global cada vez competitivo, en el que las empresas industriales que operan en Europa en general y en España en particular, afrontan múltiples desventajas de costes frente a terceros países, debe garantizar que la investigación se convierta en innovación y ésta en crecimiento.

CONFEMETAL señala que es necesario un mayor esfuerzo para permanecer delante de los competidores y garantizar crecimiento y prosperidad. En el caso concreto de España, estos esfuerzos deben ser aún mayores si tenemos en cuenta que, por cuanto a I+D se refiere, seguimos estando a la cola de los países de nuestro entorno.

Es el mercado, orquestado por los agentes adecuados, incluidos los legisladores, el que puede crear mercados líderes de consumo capaces de proporcionar los más innovadores y mejore productos, tecnologías, sistemas, y servicios para satisfacer las necesidades de los consumidores. Esos mercados tendrán mayor potencial de desarrollo en la media en que puedan aunar objetivos públicos como el uso sostenible de recursos, una vida más saludable, seguridad, movilidad y necesidades de información y comunicación de la población.

Los ejes fundamentales para el desarrollo de esos mercados deben partir de una reglamentación adecuada, condiciones favorables de inversión, un mercado único europeo más profundo y fortalecido, armonización, normalización y demanda individual. Y, tan importante como los anteriores, de la aceptación pública y, cuando ello sea oportuno, incentivos económicos y fiscales adecuados.

En este escenario, CONFEMETAL señala en su Informe que la cuestión esencial que deberían plantearse los reguladores, tanto en Europa como en España, no es otra que, si las empresas deciden invertir en investigación, desarrollo e innovación, ¿lo harán en Europa o encontrarán mejores condiciones en otras regiones?

Oerlikon-Leybold Vacuum presenta su nuevo controlador Combivac CM 51

Controlador de vacío para sensores pasivos pensado tanto para operar en las más severas aplicaciones industriales como para la investigación (incluidos ambientes radiactivos).

El nuevo controlador y visualizador de vacío de tres canales COMBIVAC CM 51 controla y monitoriza el rango de vacío completo: desde presión atmosférica (1.000 mbar) hasta ultra alto vacío (10-9 mbar). Todos los canales pueden ser utilizados simultáneamente y de forma absolutamente independiente.

El sensor de vacío está destinado a sensores Piranis y Pennings pasivos (pasivos, ya que no hay partes electrónicas dentro del sensor), los cuales son resistentes a las radiaciones y horneables.

El COMBIVAC CM 51 trabaja en las más duras y altamente corrosivas aplicaciones industriales. También es adecuado para su uso en áreas con altos niveles de radiación y en sistemas que requieran un horneado a altas temperaturas, donde sólo los sensores pasivos pueden operar.

APLICACIONES

Industria de proceso
- Hornos de vacío.
- Soldadura por haz de electrones.
- Recubrimientos.
- Iluminación.

Investigación y desarrollo
- Aceleradores.
- Epitaxia por haz molecular (Molecular Beam Epitaxy MBE).
- Microscopía (Scanning Tunneling Microscope STM) Instrumentos de analítica Análisis de superficie.

VENTAJAS

- Módulo compacto preparado para montar en rack (1/4 19 in., 3 HU).
- Robusto, fiable y duradero.
- Medición y visualización por 3 canales de forma simultánea.
- Longitud de cable de hasta 100 metros.
- Interfaz RS 232 C y Profibus para comunicación y control remoto.
- Conexión sensores THERMOVAC alineados y de temperatura compensada.
- Conexión sensores PENNINGVAC compactos, horneables y robustos.
- Cambio automático y control de alta tensión desde el THERMOVAC a la operación del Penning (cátodo frío).
- Mensaje de error por cada canal, por ejemplo en caso de un filamento roto; de una línea del sensor defectuosa o una descarga de plasma fallida.

Analizadores de oxígeno de rápida respuesta G250 y G125

Por Entesis

Los analizadores de rápida respuesta G250 y G125 operan de idéntica manera, difiriendo únicamente en su caja exterior.

El G250 que se muestra en la fotografía es un equipo semi-portátil muy conveniente.

En el caso de precisar un equipo fijo para montaje en panel, el G125 es la solución perfecta.

Estos analizadores incorporan un microprocesador que controla el sistema de sensor con dos células que permiten obtener una velocidad y un rango excepcionales. Las dos células de medida se utilizan para medir concentraciones porcentuales la una, y concentraciones de ppm la otra. La célula para niveles bajos se mantiene en un nivel de oxígeno bajo y totalmente sellada hasta que se utiliza. Inicialmente se mide la concentración de la muestra mediante la célula de nivel alto.

Cuando la célula de nivel alto detecta una concentración baja, el microprocesador automáticamente desvía la muestra hacia la célula para niveles bajos. Dado que esta célula se mantiene a un nivel bajo, responde rápidamente y con precisión en la medida de una concentración baja.

Existen protecciones en el sistema de control del analizador que protegen la célula de medida de niveles bajos contra exposiciones a concentraciones elevadas.

El avanzado software permite una transferencia automática y sin trazas de una célula a la otra. No se necesitan conocimientos especiales para utilizar el analizador.

Dispone de una salida programable de 4 a 20 mA que puede ajustarse entre 0 a 20 ppm y 0 a 25% de oxígeno.

Existen dos canales de alarma programables por el usuario como alto, bajo o apagado, con salida por relé con contacto conmutado libre de tensión que pueden ajustarse a cualquier concentración dentro del rango del instrumento.

El G250 no precisa ningún accesorio y está todo dentro del estuche de transporte: la bomba de muestreo, el filtro, la válvula de control del flujo y el monitor del flujo.

25 aniversario de FUNDIGEX

Por Rafael de la Peña. Presidente de Fundigex

Este año y en este mismo día conmemoramos el 25 aniversario de la creación de ésta nuestra asociación FUNDIGEX. Asociación que aunó los esfuerzos de unos cuantos fundidores con el objeto de dar los primeros pasos en el exterior y en el fortalecimiento de nuestras exportaciones y así comenzar una larga y estable andadura a lo largo de estos 25 años trascurridos desde entonces.

Algunas de nuestras empresas habían comenzado unos pocos años antes a caminar fuera de nuestras fronteras buscando nuevos mercados, nuevas actividades, nuevas experiencias empresariales en los mercados Centroeuropeos. Fueron arduos las primeras relaciones con los mercados Alemanes, Franceses o Nórdicos.

Se aprendía viajando, mes a mes, año a año y viendo empresas envidiables de aquellos momentos, que se tomaban como referencia para nuestras propias empresas y comportamientos (hoy benchmarking). Aprendíamos sus costumbres, nos adaptábamos a ellas, comenzábamos a conocer nuevos mundos, nuevos mercados, salíamos de nuestro pequeño entorno.

Una gran distancia nos separaba de estos países. Lejanía cultural y lejanía empresarial, que hoy no existen, eran fronteras naturales de muy compleja superación. Barreras idiomáticas, barreras en nuestras comunicaciones, barreras económicas... hacían difícil el acceso todos estos mercados.

La dispersión y solitario comienzo de unas cuantas fundiciones y la difícil accesibilidad a estos mercados por pequeñas y medianas fundiciones dio como fruto el nacimiento de Fundigex aquel 28 de Enero de 1985.

Aquellos solitarios y difíciles comienzos empezaron a ser compartidos y generalizados. Fundigex

comenzó a liderar y apoyar el fortalecimiento de todo aquello que tuviese relación con el exterior. Comenzó a promocionar nuestros productos y nuestras empresas, comenzó a divulgar que los Fundidores Españoles, que los Fundidores Vascos lo hacíamos muy bien, que la lejanía no era tal, que estábamos cerca y que las barreras no existían. Aunó nuestros intereses, busco ayudas entre la Cámara de Comercio, del Gobierno Vasco, del Ministerio de Comercio – ICEX ... sin las cuales el desarrollo de todas nuestras relaciones hubiese sido mucho mas lento o incluso inexistente.

Se formó un grupo de profesionales jóvenes, y con mucha más ilusión que medios económicos, que recorrieron el mundo entero. Primero fue Europa, después América, más tarde los países Orientales... miles de viajes, cientos y cientos de ferias, cientos y cientos de visitas extranjeras a nuestras empresas.

Las empresas del exterior y sus profesionales comenzaron a conocer nuestra cultura, a compartir

nuestras inquietudes empresariales, a conocer los chipirones y las angulas, y lo que era más importante, a darse cuenta que éramos muy buenos, mucho mejor de lo imaginado.

Esto es Fundigex en el año 2010, una organización empresarial corporativa cuya misión y función es la promoción y el apoyo a nuestras empresas en el exterior de nuestras fronteras.

Sin este apoyo, sin estas personas ilusionadas a las que quiero agradecerles desde aquí todo su tiempo, todos sus fines de semana y todas sus horas, este proyecto de generación de riqueza neta, como es la exportación, sería inviable.

Resumen de la Junta

Tras la junta, las fundiciones asociadas han constatado la mala situación actual.

Según sus estimaciones, la facturación en el primer semestre del 2009 sufrirá un descenso (8,7%) respecto al segundo semestre de 2009. Sin embargo, se espera un cambio de tendencia, que se va a hacer palpable en la segunda mitad del año, con unas expectativas de crecimiento de la facturación del 2,17%.

Las exportaciones muestran una mejor dinámica, con un crecimiento esperado del 6% en la segunda mitad del año.

En cuanto a la situación por sectores, salvo honrosas excepciones todos muestran cifras negativas, incuso por debajo de la situación obtenida en marzo 2009 (última encuesta). Como decimos, tan solo ferrocarril, ingeniería civil y vehículo especial muestran datos positivos, y de estos, tan sólo el último mejora la previsión respecto a la última encuesta (marzo 2009). El resto de sectores muestran una mala situación, incluso peor en general.

Estos datos confirman la estrategia de exportación como la mejor manera de ganar competitividad y salir de la crisis. La diversificación de sectores y mercados es la mejor manera de diversificar riesgos.

Por último, las fundiciones hacen un llamamiento a la administración pública para poder sentir su apoyo en estos difíciles momentos. No se entienden algunas de las acciones de política industrial tomadas recientemente, como por ejemplo el incremento de la tarifa eléctrica, que nos resta competitividad frente al resto de Europa.

Optimización de los tratamientos T5 y T6 de la aleación de aluminio A356 conformada por SLC

S. Menargues, E. Martín, M. T. Baile y A. Forn.
Centro de Diseño de Aleaciones Ligeras y Tratamientos de Superficie (CDAL).
Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica - UPC

RESUMEN

Se estudia la aleación de aluminio A356 conformada en estado semisólido mediante la técnica Sub Liquidus Casting (SLC). Se analizan los efectos de la temperatura y tiempo en las etapas de solubilización y envejecimiento (tratamientos T5 y T6), con objeto de optimizar las propiedades mecánicas. La caracterización de material se ha realizado por microscopía óptica, electrónica, ensayos de dureza y tracción. Mediante análisis fractográfico se han determinado los mecanismos de fractura.

1. Introducción

La conformación de aleaciones de aluminio en estado semisólido (SSM) es un proceso híbrido que incorpora elementos de varias técnicas clásicas de conformado, la fundición y la forja. Permite libertad en el diseño del molde, con secciones de hasta 1 mm, una elevada productividad así como una calidad metalúrgica y unas propiedades mecánicas superiores a las de la fundición en molde permanente o en fundición inyectada [1-3].

El interés de estas técnicas radica en la necesidad de producir nuevos componentes con menos defectos, y se fundamenta en las propiedades reológicas de los materiales cuando coexisten una fase líquida y una fase sólida esferoidal. Entre las ventajas del conformado en estado semisólido está la disminución de la turbulencia durante el proceso de inyección que reduce el gas disuelto y la porosidad, posibilitando la realización de tratamientos térmicos de envejecimiento a los componentes así conformados [4].

Uno de los procesos SSM más interesantes es el de Sub-liquidus Casting (SLC). Consiste en introducir el material líquido en la camisa del pistón de la máquina de inyección (Fig. 1). Gracias a un enfriamiento controlado, y la adición de agentes nucleantes (TiB o SiB) y de modificantes (Sr) se obtiene un lodo con la fracción sólida deseada. Este lodo se introduce en la cavidad del molde por uno o varios canales de inyección [5].

Fig. 1. Máquina THT 400 Tn.

El objetivo de este trabajo ha sido la optimización de los tratamientos térmicos T5 y T6 de la aleación A356 para componentes obtenidos mediante esta tecnología. Se trata de una aleación común de

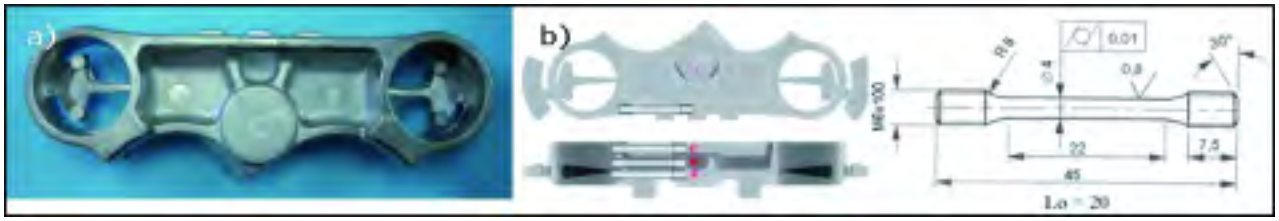


Fig. 2. Pletina de dirección conformada por SLC: a) pletina en estado de colada, b) zonas de extracción de las probetas de tracción y dimensiones de éstas.

Al	Si	Mg	Cu	Fe	Sr	Ti	B	Mn
Base	7,4	0,35	0,11	0,13	0,011	0,11	0,001	0,04

Tabla 1. Composición química de la aleación A356, en % en peso.

fundición, con buenas características de colada y buenas propiedades mecánicas, aceptable maquinabilidad y con posibilidades de ser tratada térmicamente. El componente estudiado ha sido una pletina de dirección de motocicleta (Fig. 2). La composición de la aleación utilizada está indicada en la tabla 1.

2. Procedimiento experimental

Se prepararon muestras de los componentes conformados por SLC seleccionándolos de la misma zona de donde posteriormente se mecanizaron las probetas de tracción (Fig. 2). Para la realización de los tratamientos térmicos T5 y T6 de estas muestras se ha utilizado un horno Hobersall HCV-125, con enfriamiento controlado y circulación forzada de aire, con una precisión de ±1 °C. El tratamiento térmico se ha optimizado analizando la evolución de la dureza durante la etapa de envejecimiento, efectuando mediciones de durezas a 1, 2, 3, 4, 6 y 8 h de tratamiento. Se han realizado tratamientos de puesta en solución largos con objeto de producir una mayor esferoidización del silicio. Las condiciones de los tratamientos se muestran en la Tabla 2.

Los ensayos de dureza se han llevado a cabo según la norma EN ISO 6506-1.Se han realizado ensayos de tracción en probetas mecanizadas en las condiciones de tratamiento óptimas (Fig. 2). Los ensayos de tracción se han realizado en una máquina Z-WICK Z100/TL3S según la norma EN10002-1, con ajuste de velocidad de deformación de $2{\cdot}10^{-3}$ s-1.

3. Resultados

3.1. Análisis microestructural

La microestructura de la aleación en estado de colada, o estado F, consiste en glóbulos de la solución sólida α, de pequeño tamaño, y rodeados del microconstituyente eutéctico (Fig. 3). El afinamiento de la microestructura es debido tanto a la utilización de afinantes (SiB y TiB)), como de modificantes (Sr). En el eutéctico se detectan varias fases intermetálicas, como Mg2Si o Al5SiFe.

La microestructura de la aleación en estado T5 es similar a la del estado de colada, siendo la presencia de intermetálicos inferior en este caso (Fig. 4).

En estado T6 se observa un silicio eutéctico de mayor tamaño que en los estados anteriores (Fig. 5). Este crecimiento se ha producido en la etapa de puesta en solución y es debido a la morfología inicial del mismo. Al ser fino y redondeado la evolución posible ha sido este engrosamiento, y no la fragmentación inicial observada en aleaciones no modificadas [6].

Tratamientos T6		Tratamientos T5
T puesta en solución / ºC	520,530, 540, 545	Extracción del molde a unos 300 ºC
t de puesta en solución / h	4, 5	
Temple en agua a	25º C	
T envejecimiento / ºC	160, 170, 180	160, 170
t de envejecimiento / h	1, 2, 3, 4, 6, 8	2, 3, 4, 6, 8, 10, 12

Tabla 2. Condiciones de los tratamientos térmicos efectuados.

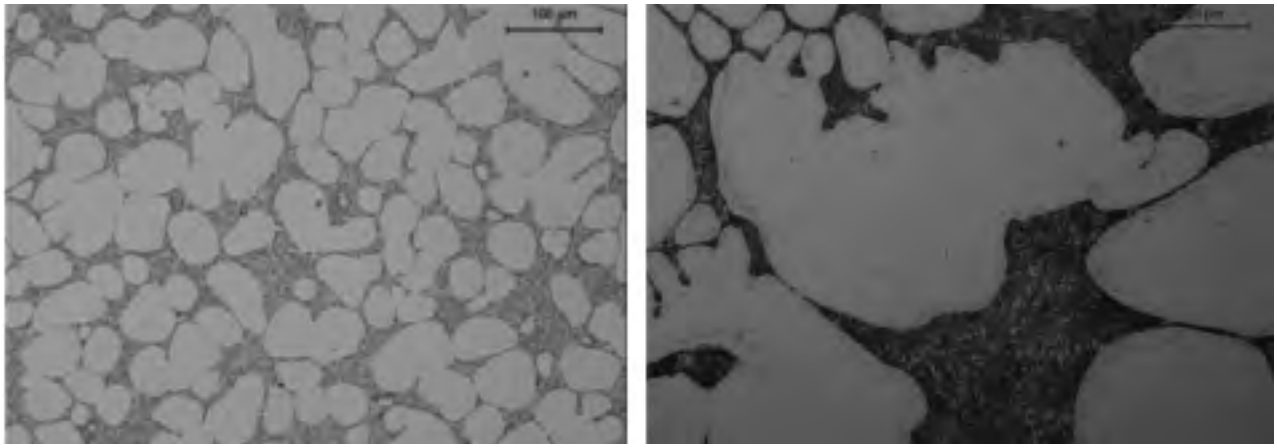


Fig. 3. Microestructura de la aleación A356 conformada por Sub-Liquidus casting. Estado de colada, F.

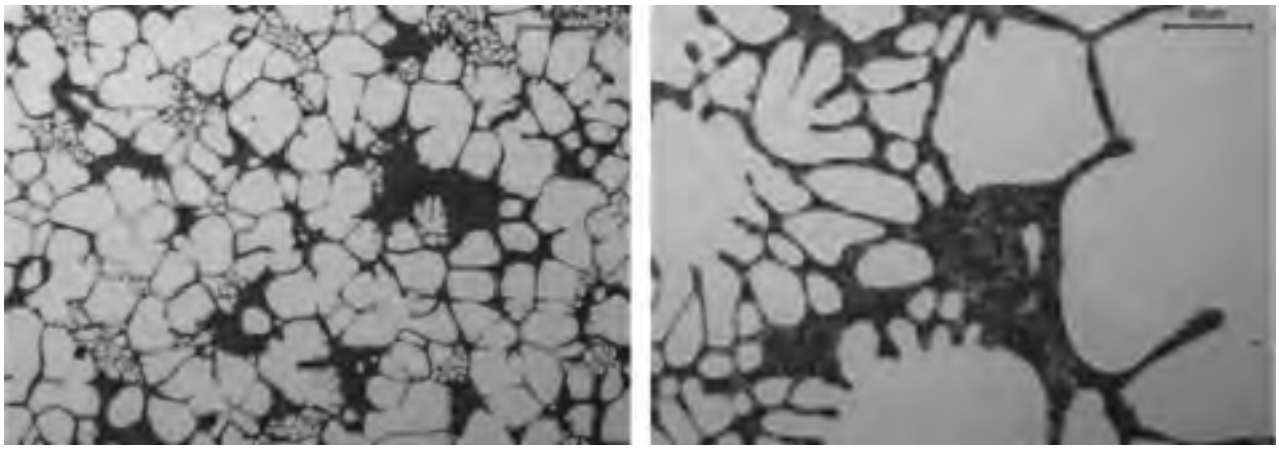


Fig. 4. Microestructura de la aleación A356 conformada por Sub-Liquidus casting. Estado T5.

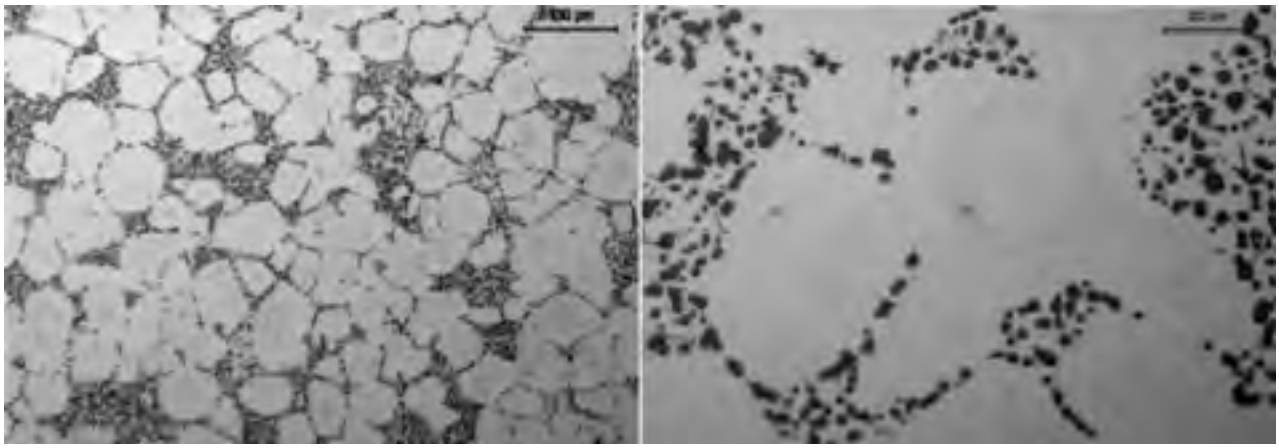


Fig. 5. Microestructura de la aleación A356 conformada por Sub-Liquidus casting. Estado T6.

3.2. Ensayo de durezas

Los ensayos realizados para la optimización del tratamiento térmico T6 muestran que la dureza máxima se obtiene para unas condiciones de puesta en solución a 540 °C durante 5 h y un envejecimiento posterior a 180 °C durante 3 h (Figs. 5 y 6). Igualmente se puede comprobar como la puesta en

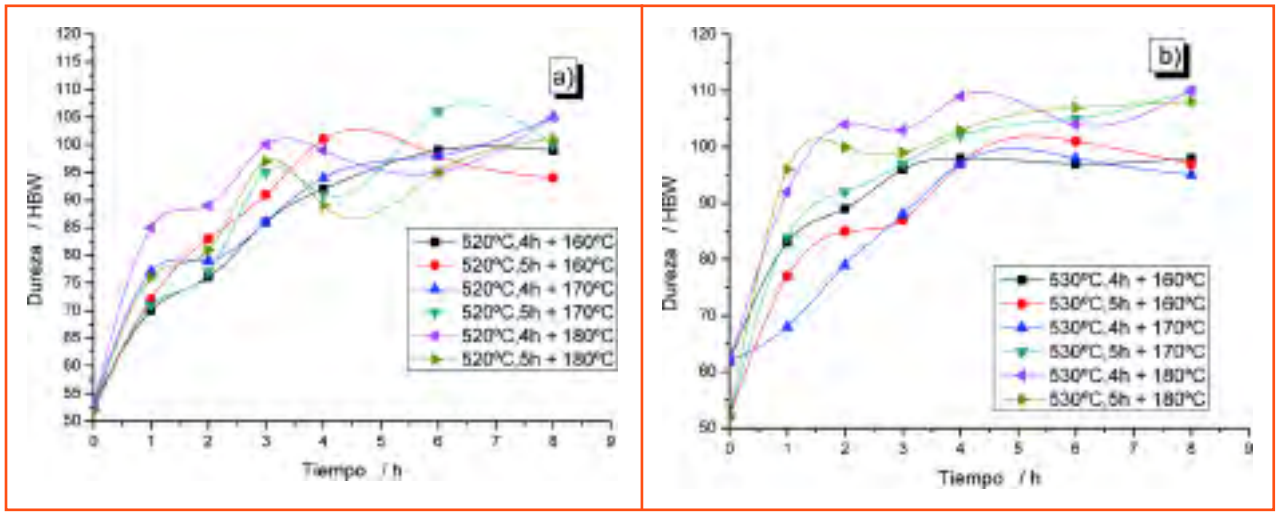


Fig. 5. Evolución de la dureza en función de la temperatura y el tiempo de envejecimiento para una puesta en solución: a) a 520 °C, y, b) a 530 °C.

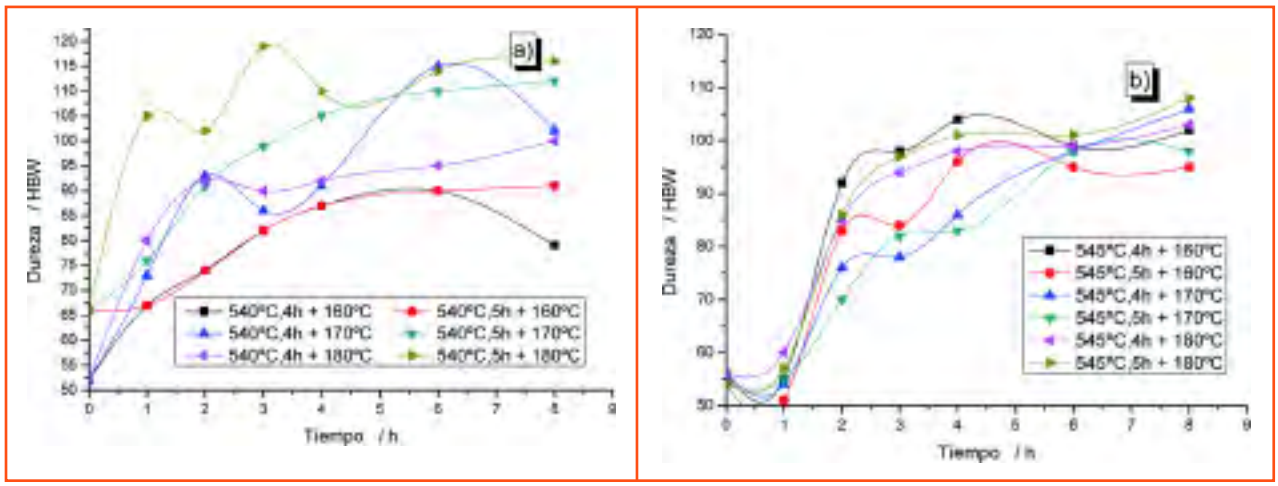


Fig. 6. Evolución de la dureza en función de la temperatura y el tiempo de envejecimiento para una puesta en solución: a) a 540 °C, y, b) a 545 °C.

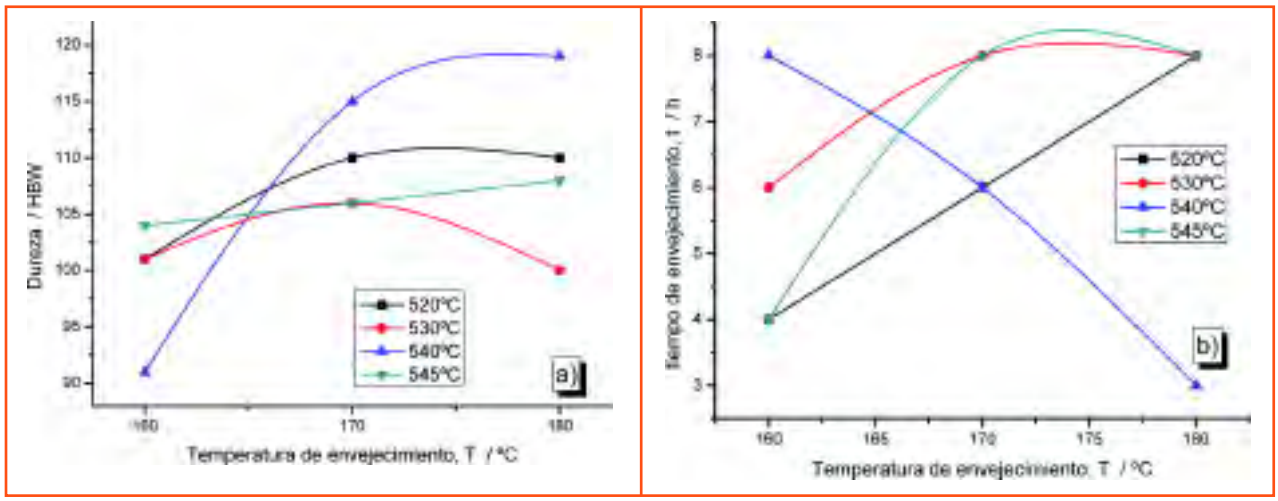


Fig. 7. Evolución de la dureza (a) y del tiempo de envejecimiento (b), en función de la temperatura de envejecimiento a las diferentes temperaturas de puesta en solución.

solución a 540 °C proporciona las condiciones óptimas para temperaturas de envejecimiento a 170 °C y a 180 °C (Fig. 7).

La optimización del tratamiento térmico T5 se ha realizado únicamente para las temperaturas de envejecimiento de 160 °C y de 170 °C. Las condiciones óptimas de dureza se han obtenido para un envejecimiento a 170 °C durante 10 horas (Fig. 8).

En este caso la dureza es inferior a la conseguida para el estado T6, en cualquiera de las temperaturas de envejecimiento utilizadas, y es debido a que el temple se del componente realiza desde temperaturas inferiores. Esta circunstancia no posibilita que la matriz de aluminio presente un máximo de elementos endurecedores en, solución sólida, por lo que tampoco es posible alcanzar posteriormente la máxima densidad de precipitados endurecedores.

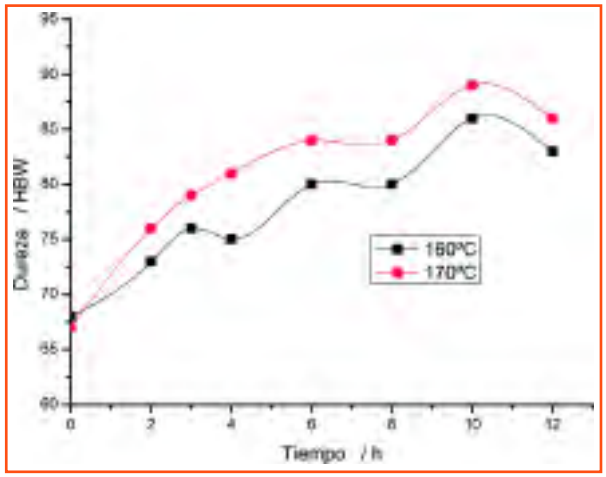


Fig. 8. Evolución de la dureza en función de la temperatura y el tiempo de envejecimiento para un temple en proceso (T5).

3.2. Ensayo de tracción

Los valores de los parámetros obtenidos en los ensayos de tracción para probetas en estado de colada, con tratamiento térmico T5 y con tratamiento térmico T6 se muestran en la tabla 3 y en la Fig. 9.

Estos resultados muestran como esta técnica permite conseguir componentes con una gran calidad metalúrgica, y una elevada resistencia mecánica en estado de colada. Esta resistencia es incluso superior a la exigida por la NADCA para esta misma aleación en moldeada por gravedad en coquilla, y en estado T6, de 206 MPa de límite elástico y 280 MPa de resistencia a la tracción.

Los tratamientos de envejecimiento T5, más económicos, son capaces de producir componentes con las características mecánicas exigidas por NADCA (Tabla 3).

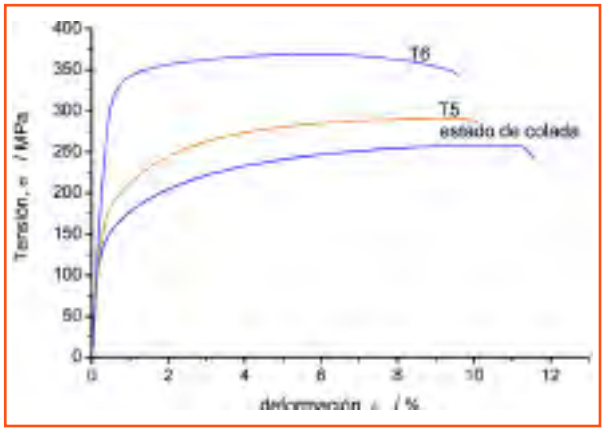


Fig. 9. Curvas tensión-deformación para los distintos estados metalúrgicos.

3.2. Análisis fractográfico

El análisis de las superficies de fractura de las probetas de tracción muestra una fractura dúctil en los componentes conformados mediante SLC, con la formación de hoyuelos de pequeño tamaño en la fase alfa (Figs. 10 y 11) y de micro hoyuelos, aún más finos, en las regiones eutécticas (Fig. 11). Las microcavidades en las regiones α son más pequeñas para el material en estado T6.

4. Conclusiones

1. La tecnología SLC posibilita la obtención de componentes con mayor resistencia mecánica que componentes conformados en coquilla con análogos T.T.

Tabla 3. Resultados de los ensayos de tracción.

Estado	Límite elástico, Rp 0,2 /MPa	Resistencia tracción, Rm /MPa	Alargamiento, A /%
F	139	243	11
T5	172	277	10
T6	299	349	10

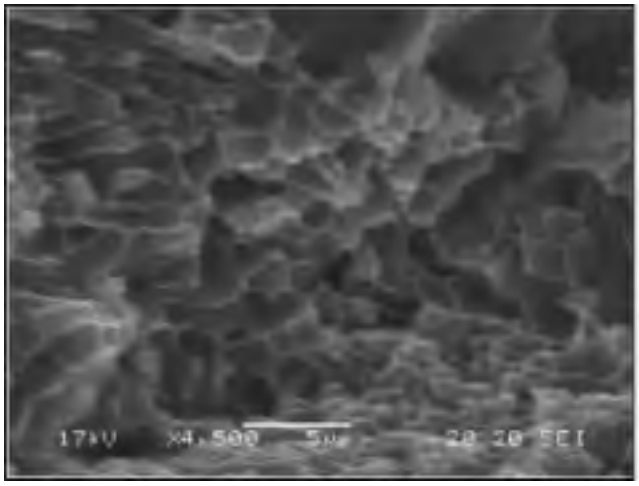


Fig. 10. Superficie de fractura del material A356 en estado de colada.

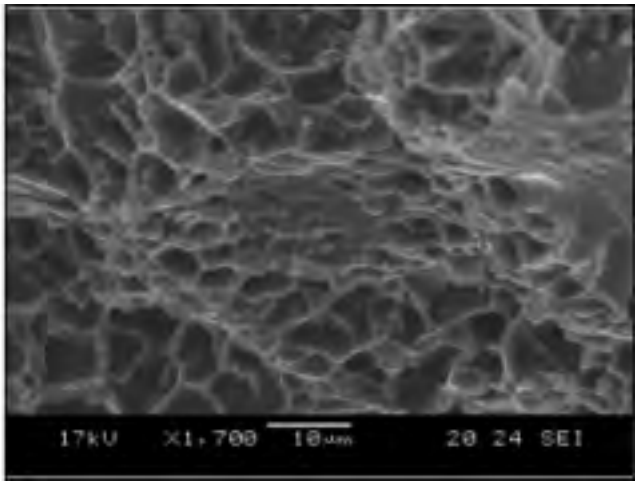


Fig. 11. Superficie de fractura del material A356 en estado T6.

2. La máxima dureza se ha conseguido para una temperatura de puesta en solución de 540 °C, durante 5 horas, y envejecimiento a 180 °C durante 3 horas.
3. Los componentes A356 obtenidos por SLC han incrementado con el tratamiento T6 un 42% la resistencia a tracción y un 15% el límite elástico con respecto al material en estado de colada.
4. Los componentes A356 obtenidos por SLC han incrementado con el tratamiento T5 un 13% la resistencia a tracción y un 23% el límite elástico con respecto al material en estado de colada.
5. La fractura es dúctil en todos los casos y se produce a través del eutéctico.

5. Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Ministerio de Educación y Ciencia la ayuda recibida a través del proyecto CICYT DPI2005-02456 y a la empresa INFUN.

6. Referencias

[1] Flemings M. C., Mehrabian R., Riek R. G., Continuous process for forming and alloy containing non dendritic primary solids, U.S., Patent 3.902.544, 1972.
[2] Kirkwood D. H., Semisolid metal processing, Int. Materials, Reviews University of Sheffield, 39, (5), pág. 173-189, 1994.
[3] Baile, Mª T., Estudio de la conformación de componentes aluminio-silicio en estado semisólido, Tesis Doctoral, UPC, Barcelona, 2005.
[4] Forn, A., Baile, Mª.T., Martín, E., Goñi, J. y Sarriés, I., Heat treatments effect on A357 components produced by SSM. 9th Semi Solid Processing International Conference, S2P. Busan, (Corea). 11-13 Septiembre (2006).
[5] Jorstad, J.L. Economical Semi Solid Metal (SSM) Processing of Automotive Components J.L.J. Technologies, Inc. – Richmond, VA. SAE 2002.
[6] Forn, A., Baile, Mª T., Martín, E. Effect of heat treatments in the silicon eutectic crystal evolution in Al-Si alloys. Materials Science Forum Vols. 480-481, pág. 367-372, 2005.

Ponencia presentada en el XI Congreso Tratermat (Marzo 2008). Publicada con la autorización expresa de la Dirección del Congreso y los autores.

Este libro es 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.

Iniciamos, pues, estas publicaciones con el volumen I:
"PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS".

Manuel A. Martínez Baena
José Mª Palacios Repáraz

Disponible el libro de los Tratamientos Térmicos, uno de los libros más esperados dentro del Sector, por sólo

30 euros

El precio incluye IVA, gastos de envío aparte.

Índice general

Presentación ... 7

Prólogo ... 9

PARTE 1. INTRODUCCIÓN A LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS ... 17

I. Conceptos fundamentales ... 19
Introducción ... 19
Estados alotrópicos del hierro y puntos críticos ... 19
Carburos de hierro. Cementita ... 22
Diagrama hierro-carbono ... 23
Diagrama de transformación isotérmica de la austenita. Diagramas TTT ... 30
Diagrama de transformación en enfriamiento continuo. Diagramas TEC ... 38
Templabilidad ... 39
Ensayo de templabilidad Jominy ... 42
Bandas de templabilidad ... 44

PARTE 2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES ... 49

II. Tratamientos térmicos básicos de los aceros ... 51
Introducción ... 51
Ciclos de tratamiento térmico ... 51
Calentamiento ... 51
Tiempo a la temperatura de tratamiento ... 53
Enfriamiento ... 53
Tratamientos térmicos básicos más utilizados ... 53
Normalizado ... 56
Recocidos ... 57
Recocido de regeneración ... 58
Recocido globular ... 59
Recocido subcrítico ... 61
Temple ... 64
Calentamiento ... 65
Mantenimiento a temperatura de austenización ... 65
Enfriamiento ... 66
Factores que influyen en la práctica del temple ... 66
Etapa del vapor ... 71
Etapa de ebullición ... 73
Etapa de convección ... 74
Clases de temple ... 76
Revenido ... 80
Factores que influyen en el revenido ... 81
Fragilidad de revenido ... 83
Revenido de la martensita ... 88
Dureza secundaria ... 90
Bonificado ... 91

III. Tratamientos isotérmicos de los aceros ... 93
Introducción ... 93
Austempering. Temple bainítico ... 95
Martempering. Temple diferido martensítico ... 99
Recocido isotérmico ... 100
Patenting. Patentado ... 100
Tratamiento subcero ... 102
Tratamiento criogénico ... 104

PARTE 3. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES ... 105

IV. Cementación ... 113
Introducción ... 113
Mecanismos de la cementación ... 114
Factores que intervienen en la cementación ... 116
Composición química del acero ... 117
Potencial de carbono ... 117
Temperatura de cementación ... 118
Tiempo de cementación. Formación de capa ... 118
Clasificación de los procesos de cementación ... 123
Cementación sólida. Cementación en caja ... 123
Cementación gaseosa ... 125
Cementación líquida ... 129
Mecanizado y tratamientos térmicos de las piezas cementadas ... 133
Otras formas de cementación: (1) Cementación a baja presión; (2) Cementación iónica; (3) Cementación a alta temperatura ... 138

V. Nitruración ... 143
Introducción ... 143
Principios generales comunes a los diferentes procesos de nitruración ... 144
Capa de combinación o capa blanca ... 145
Zona de difusión ... 148
Nitruración gaseosa ... 151
Nitruración líquida o nitruración en sales ... 153
Aumento de volumen ... 156
Otras formas de nitruración ... 157
Nitruración iónica ... 158
Sulfocarburación ... 160
Nitrocarburación ... 164
Oxinitrocarburación ... 169
Recubrimientos superficiales mediante deposición de capas duras ... 172

VI. Carburación ... 175
Introducción ... 175
Características del proceso de carburación ... 177
Atmósferas carburantes empleadas ... 177
Temperatura de carburación ... 178
Características y naturaleza de las capas carburizadas ... 178
Tratamientos térmicos utilizados ... 180
Durezas superficiales alcanzadas ... 180
Ciclos tipo de carburización ... 182
Ventajas e inconvenientes de la carburización con respecto a la cementación ... 182
Austenita retenida en la superficie de las piezas carburizadas ... 183
Aceros que normalmente se utilizan en la fabricación de piezas que después tengan que sufrir el tratamiento de carburización ... 185

VII. Temples superficiales ... 187
Introducción ... 187
Características de la capa superficial endurecida ... 188
Temple a la llama. Flameado ... 190
Temple por inducción ... 193
Temple superficial por rayos láser ... 198
Calidad de los aceros para temple superficial ... 200

Consideraciones finales ... 203

Bibliografía ... 205

Para más información:
Teléfono: 917 817 776
e-mail: pedeca@pedeca.es

Analizadores de gas portátiles

Por Entesis

Propiedades

- Amplia variedad de gases medidos, incluyendo hidrógeno, dióxido de carbono y argón.
- Medida del oxígeno opcional.
- Calentamiento y tiempo de respuesta rápidos.
- Bajos mantenimiento y requisitos de calibración.

Los analizadores de la serie K850 de Hitech miden con precisión los cambios de un componente en mezclas de gases binarias o pseudo-binarias (por ejemplo mezclas en las que sólo un componente varía). Como ejemplos están el hidrógeno, el dióxido de carbono, el argón, el helio y varios hidrocarburos halogenados como los freones. Se puede medir casi cada componente de una mezcla de gas, siempre y cuando su conductividad térmica difiera de la de los otros componentes. Los rangos dependen del gas medido pero pueden oscilar entre ppm y 100%.

Un sensor catarométrico inagotable mide la conductividad térmica del gas. El sensor incorpora un elemento muy sensible con baja capacidad térmica que no precisa mantenimiento. El procesamiento de la señal se realiza mediante un microprocesador, para proporcionar un grado de precisión y un rango que no se suele asociar con este tipo de sensores. Apenas requiere calibración dada la elevada estabilidad inherente al sistema.

La bomba de aspiración incluida en el equipo permite obtener muestras de lugares con presión baja. Para controlar el caudal de la muestra a través del analizador se utiliza una válvula de aguja y un rotámetro.

El KG850 permite la medida de dos gases. Combina las características del K850 con la medida de oxígeno mediante una célula electroquímica. Los rangos de concentración varían entre 100 ppm y 100% de oxígeno, según la aplicación.

El equipo es totalmente portátil gracias a su batería recargable que permite operar en continuo durante 6 horas. Para operar más tiempo, se puede conectar el equipo a la red. El instrumento está montado en un estuche ABS con una asa de transporte que sirve también de pie elevador en caso de uso en sobremesa. Una gran pantalla LCD multidígito muestra los valores medidos y los mensajes para la configuración y calibración del equipo. Estos procedimientos son simples y fáciles de seguir.

HANNOVER MESSE 2010 (19 a 23 de abril)

Bajo el lema "Más eficiente – Más innovadora – Más persistente", HANNOVER MESSE muestra del 19 al 23 de abril de 2010 innovaciones, desarrollos y tecnologías, así como nuevos materiales del mundo de la industria. Con los temas centrales "Energía", "Movilidad", "Automatización" y "Subcontratación Industrial", patentiza las tendencias centrales de la industria.

"El año que viene estrenamos dos nuevas ferias clave y volvemos a corroborar la fuerza innovadora y la potencia de HANNOVER MESSE. Con 'MobiliTec' potenciamos la electromovilidad como tema de de vanguardia en el marco de la feria "Energy". Por su parte, "CoilTechnica" viene a redondear la oferta en el sector de la subcontratación. Para 2010 esperamos de nuevo una exhaustiva y potente exposición sectorial internacional de la industria", dice el Dr. Wolfram von Fritsch, presidente de la Junta Directiva de Deutsche Messe. "Un evento tan internacional como HANNOVER MESSE puede ser un valioso componente para el incipiente auge económico".

Igualmente significativos que las innovaciones son la aplicación y el intercambio de los conocimientos ya existentes. Un programa variado de foros, congresos y talleres de trabajo garantiza la transferencia de información entre la ciencia y la industria.

El año que viene será Italia el País Asociado de HANNOVER MESSE. Desde hace muchos años, Italia figura entre los mayores países expositores y presta una contribución decisiva al éxito internacional de la feria. Sobre todo en las energías renovables y la automatización industrial, pero también en las tecnologías motrices y la electrotécnica, Italia ocupa posiciones destacadas en el marco de la competencia mundial.

Nueve ferias clave internacionales

Las nueve ferias clave internacionales de HANNOVER MESSE son un espejo que refleja las tendencias tecnológicas mundiales en la producción y el desarrollo industriales. El tema de la eficiencia energética se extiende como un hilo rojo por todas las ferias clave y presentaciones especiales. Se presentan nuevas soluciones sobre temas como las soluciones móviles de automatización, procesamiento de micromateriales o tecnologías de construcción ligera.

"Industrial Supply" (antes "Subcontratación") se ofrece en 2010 bajo un nuevo nombre e impulsa el tema "La construcción ligera en la subcontratación industrial". Las soluciones de construcción ligera son cada vez más importantes en los productos y

procesos. En 2010 el tema de la construcción ligera se mostrará en toda HANNOVER MESSE en diferentes formas de aplicación. Como punto de reunión central, "Industrial Supply" es una plataforma de presentación de este tema en el Pabellón 6. Los fabricantes exigen productos subcontratados más eficientes y estas exigencias desempeñan un destacado papel en el sector en el este sector.

La nueva feria clave "MobiliTec" centraliza en el Pabellón 27 todas las tecnologías relevantes para la movilidad de cara al futuro. Esta feria clave internacional de tecnologías motrices híbridas y eléctricas, acumuladores de energía móviles y tecnologías de movilidad alternativas se halla en inmediata proximidad a los sectores de oferta ferial "Hidrógeno" y "Pilas de Combustible", así como de las energías renovables en el marco de la feria clave "Energy".

La feria clave "Energy" presenta la mezcla de energías apta para el futuro. Tanto las tecnologías energéticas convencionales como también las renovables son mostradas en el marco de toda la cadena de creación de valores energéticos industriales, desde la producción, suministro, transporte y distribución hasta la transformación y la acumulación de la energía. A partir de 2010, "CoilTechnica", nueva feria clave del sector de fabricación de bobinas, transformadores y electromotores, será integrada en ciclo bienal en HANNOVER MESSE.

"MicroNanoTec", feria clave de nanotecnologías, microtecnologías y tecnologías láser, amplía su programa en 2010. Sobre todo la combinación de nanomateriales y tecnologías de microsistemas permite el desarrollo de nuevos sistemas y emite impulsos decisivos para la industria. Para acentuar el significado de estas dos tecnologías relevantes para el futuro se cambió en nombre de la feria de "MicroTechnology" a "MicroNanoTec". Es la única feria monográfica independiente del sector y goza por tanto de alta valoración entre los desarrolladores, ejecutivos y usuarios.

"Industrial Automation", feria clave internacional del sector de automatización de fabricación y procesos, muestra todo el ancho de banda de las tecnologías de automatización. Un tema central en 2010 es "Industrial Embedded". El sector de oferta ferial "Automatización de Procesos" refleja los campos de la robótica móvil y de la comunicación inalámbrica industrial.

"Digital Factory", feria clave internacional de procesos integrados y soluciones TI, presenta temas centrales en los sectores de visualización 3D, así como soluciones de software para procesos de producción integrales. Como punto de encuentro sectorial de los fabricantes de software internacionales y empresas de servicios de la cadena de procesos industriales, "Digital Factory" enlaza la fábrica real con la digital. "Research & Technology" es el mercado de innovaciones para las entidades de investigación, Universidades y escuelas superiores.

Numerosas presentaciones especiales, congresos, foros de debate, seminarios y talleres de trabajo con equipos de alto nivel convierten a HANNOVER MESSE en un evento tecnológico internacional sin parangón. Los científicos y ejecutivos de la economía, la política y la industria se sirven de las numerosas plataformas para intercambiar conceptos, nuevos resultados de investigaciones y experiencias en las aplicaciones prácticas. Modélico es el "WORLD ENERGY DIALOGUE" en el que expertos internacionales presentan y discuten conceptos centrales de sostenibilidad y combinabilidad con los sectores de oferta ferial "Energías Renovables" y "Eficiencia Energética".

Fascinación por la tecnología: "TectoYou" entusiasma a los futuros profesionales

"Sólo con un personal cualificado son posibles nuestros logros en el sector tecnológico. Alemania depende de un relevo profesional con una excelente formación para poder mantenerse frente a la competencia internacional", dice Dietmar Harting, presidente del comité ferial de HANNOVER MESSE y director gerente HARTING KGaA, Espelkamp, que ofrece su apoyo como colaborador a la iniciativa TectoYou.

Ya por cuarta vez en HANNOVER MESSE, la iniciativa TectoYou se dirige a chicos y chicas de los últimos cursos escolares para promover la formación profesional y los estudios universitarios técnicos. Las visitas guiadas por HANNOVER MESSE, las conversaciones con expertos versados en la praxis y las experiencias profesionales despiertan el entusiasmo de los jóvenes y les muestran las posibilidades que les ofrecerá el mercado laboral del futuro.

El premio HERMES AWARD galardona las tecnologías de vanguardia

El HERMES AWARD es uno de los más codiciados premios industriales internacionales. Se entrega todos los años en la ceremonia de inauguración de HANNOVER MESSE, dotado con un total de 100.000 euros. Se premia una aplicación industrial innovadora ya acreditada en la práctica.

Algunas consideraciones sobre los aceros inoxidables austeníticos para tornillería estampada en frío

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

INTRODUCCIÓN

Las piezas que se obtienen por deformación y estampación en frío a partir de productos largos, normalmente, perfiles redondos –*barras*, *alambrones* y *alambres*– de aceros inoxidables austeníticos, sufren operaciones, más o menos, importantes antes de llegar a las medidas finales de la pieza puesta en forma. Su hechurado puede ser un proceso poco complicado, como ocurre en el caso de piezas con una pequeña deformación en frío; **p.e**: un simple recalcado. O bien puede convertirse en un trabajo mucho más dificultoso y complejo, que es, en definitiva, un factor predominante en el costo final de la pieza conformada.

Los criterios de selección de un acero inoxidable austenítico, destinado a la fabricación de piezas por deformación plástica del material, depende de los siguientes factores clasificados por su orden de importancia:

- Resistencia a la corrosión.
- Propiedades físicas y mecánicas.
- Aptitud a la puesta en forma [deformación en frío o en caliente].
- Facilidad de aprovisionamiento y precio del material.

La mayoría de estos factores son, en general, de carácter antagónico, y la decisión final es un compromiso difícil. Pero... *¿Qué características fundamentales busca el utilizador en un material para la fabricación de sus piezas por deformación en frío?* ... se han de buscar aquéllas que puedan aportar las mayores ventajas para una óptima y rentable fabricación:

- Buena productividad, o lo que es lo mismo, alta cadencia de fabricación.
- Máxima duración y rendimiento de las herramientas.
- Excelente estado superficial o de acabado de las piezas fabricadas.
- Mínimos tiempos de paro en máquina.

Conjunto de características, ponderado en cada caso de forma diferente, que constituyen para el usuario conceptos muy particulares de un buen o mal proceso productivo.

El presente trabajo se ocupa de los esfuerzos realizados por los metalurgistas en la mejora constante de las pautas de fabricación de un grupo de aceros que, por sus características y propiedades, tienen personalidad propia: **los aceros inoxidables austeníticos para deformación y estampación en frío**; **tabla I**.

El alambrón de acero inoxidable austenítico, destinado a la obtención de tornillos y otras piezas por deformación y estampación en frío es, probablemente, uno de los productos de acero inoxidable que presenta mayores dificultades de fabricación. En efecto, en el material hay que conseguir un doble objetivo: (1) centrar, de una manera muy precisa, la composición química del acero para obtener, asimismo, una muy buena aptitud a la deformación y puesta en forma; y (2) garantizar una calidad super-

ACEROS según NORMAS AISI y [EN]	COMPOSICIÓN QUÍMICA MEDIA (%) Principales elementos				
	C	Ni	Cr	Mo	Cu
304 L [X2CrNi18-10]	≤ 0,030	10,50	17,50		
316 L [X2CrNiMo17-12-2]	≤ 0,030	13,25	17,00	2,30	
302 Cu [X2CrNiCu18-9]	≤ 0,030	9,50	17,50		3,25
316 Cu [X2CrNiMoCu17-12-2]	0,040	12,25	17,00	2,70	3,25
305 [X5CrNi18-12]	0,040	12,25	17,50		
304 [X5CrNi18-10]	0,040	10,50	17,50		

***Tabla I**. Principales aceros inoxidables austeníticos que se utilizan en deformación en frío.*

ficial con ausencia total de defectos después del trefilado, que garantice la no aparición de grietas en el tornillo u otra pieza durante la estampación en frío.

Es muy importante conseguir ese doble objetivo, de una forma constante y regular, haciendo especial hincapié en los alambrones de pequeño diámetro, ya que éstos normalmente van destinados, después de un fuerte trefilado, a la fabricación; **p.e**: de tornillos y remaches que sufren casi siempre las mayores deformaciones –*recalcado*– en la zona de cabeza.

1. VENTAJAS DEL PROCESO DE DEFORMACIÓN Y PUESTA EN FORMA EN FRÍO

La operación más sencilla de deformación en frío que podemos concebir, consiste en tomar una porción de material [*taco macizo normalmente de sección redonda*] y aplastarlo perpendicular a su eje, –*recalcado*– según está esquematizado en la **figura 1**.

Este principio ha sido aplicado en la fabricación de tornillos y a otras piezas que, hace ya tiempo, se

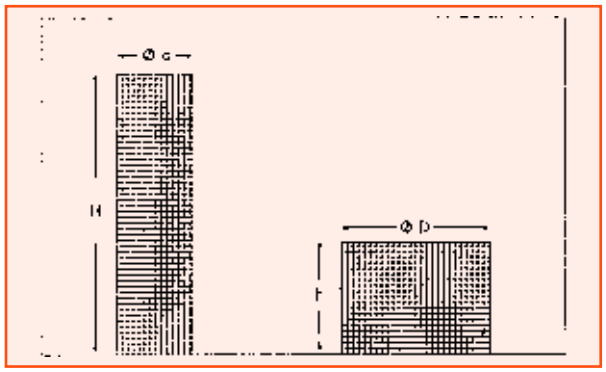


***Figura 1**. Nomenclatura del ensayo de recalcado.*

obtenían por corte y mecanizado con arranque de viruta.

El trabajo de estampación y conformación en frío presenta, en relación con el trabajo de mecanizado por arranque de viruta, las ventajas siguientes:

- Cadencia de fabricación mayor.
- Poca o ninguna pérdida de material.
- Mejora de las características mecánicas; **p.e**: del tornillo, aprovechando el aumento de resistencia mecánica producido en su trabajo de estampado [*endurecimiento de cabeza* y *de rosca*].

Principio este último que, junto con la especial orientación del fibrado posibilita la directa utilización de tornillos y piezas de pequeñas dimensiones, sin tratamiento térmico alguno; lo que permite, asimismo, reducir los costes de fabricación.

2. APTITUD DE LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS A LA DEFORMACIÓN Y ESTAMPADO EN FRÍO

Los diversos aspectos y ventajas de la deformación y estampación en frío, permiten conocer mejor cuales deben ser las propiedades de los aceros inoxidables austeníticos utilizados en estas técnicas y trabajos de puesta en forma.

En la hipótesis que, en la estampación de un tornillo u otra clase de pieza, se descarte el riesgo del efecto de pandeo; por ejemplo, utilizando un punzón deslizante o, más bien, fijando una relación de recalcado **H/d**, suficientemente, débil para que el material muestre una muy buena aptitud a la deformación plástica en frío.

Para ello es fundamental: (1) conseguir una importante deformación por compresión, sin que se presenten descohesiones, puestas de manifiesto con la aparición de grietas; (2) realizar la deformación a la velocidad pretendida y en un mínimo de golpes; y (3) que el material se deje deformar con facilidad; dicho de otra manera, que para una deformación dada, la energía de deformación necesaria sea la mínima posible. Condiciones que pueden ser satisfechas, normalmente, teniendo en cuenta:

1. Unas determinadas condiciones generales.

2. Una adecuada elección de la composición química.

3. Microestructura.

4. Eliminación total de defectos superficiales.

2.1. Condiciones generales

En el transcurso del proceso de deformación en frío, el material se endurece: se vuelve **duro**; endurecimiento que, normalmente, va junto a una bajada de la ductilidad residual del material trabajado. Cuanto mayor sea la tasa de endurecimiento también lo será el grado o dificultad de deformación, al mismo tiempo que aumenta:

- La energía de deformación, lo cual exige la utilización de máquinas más potentes.
- El peligro de rotura de las herramientas.
- El riesgo de gripado.

2.2. Adecuada composición química

Las composiciones de los aceros que figuran en la **tabla 1**, son el resultado de una larga experiencia lograda en colaboración del acerista, con los fabricantes de tornillos y de otras piezas conformadas en frío.

El nivel y los límites de los elementos de aleación que entran en la composición química de los diferentes aceros, presentes en este grupo, son tenidos en cuenta para responder a las exigencias previstas:

- Aptitud a la deformación en frío.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Características mecánicas, físicas y tecnológicas.

En la **figura 2** se indica la influencia del contenido de níquel en el endurecimiento producido según los distintos grados de reducción obtenidos. Entre todos los aceros, se debe destacar el acero **AISI 305** [X8CrNi18 12] que es uno de los más utilizados, por su alto contenido de níquel (**Ni**). Su tasa de endurecimiento por deformación en frío, relativamente pequeña, unido a unas muy buenas características de conformabilidad, reducen muy significativamente el grado de deterioro de las herramientas de estampar, de roscar, y las de fileteado por fresado.

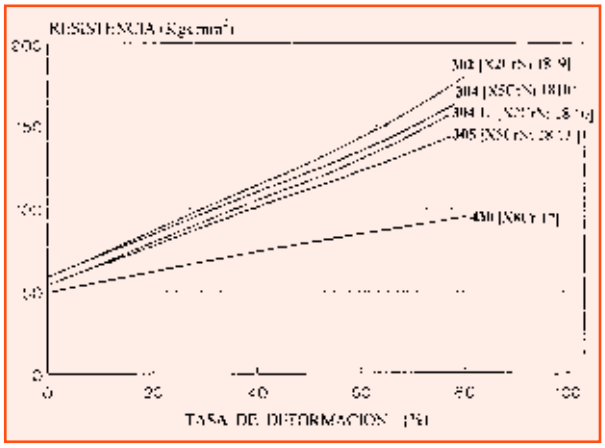


***Figura 2**. Influencia del contenido de níquel (Ni) en el endurecimiento inducido según las distintas tasas de reducción habidas entre los distintos aceros ensayados.*

La resistencia a la corrosión del acero **AISI 305** [X5CrNi 18 12] es, en la práctica, muy similar a la del acero **AISI 316** [X5CrNi Mo17 13 2]; y, la aptitud al pulido es superior a la del clásico acero **AISI 304** [X5CrNi18 10].

La mayoría de los muchos estudios habidos sobre el tema de la composición química que presenta este grupo de aceros, todos están de acuerdo y coinciden, asimismo, en señalar que tanto los elementos gammágenos *–formadores de austenita–* como los alfágenos *–formadores de ferrita–* contribuyen a estabilizar la austenita, frente a la transformación inducida por la deformación en frío. Todo esto está de acuerdo con lo ya antes indicado, que la austenita más baja en níquel es más inestable que la austenita alta de níquel; por lo que es un hecho constatado que la austenita más baja de níquel, más inestable, tiene mayor tendencia a transformarse en martensita durante el proceso de conformado en frío.

2.3. Microestructura

Dentro de este apartado existen tres factores que tienen una importancia fundamental: (1) el tamaño de grano; (2) los carburos; y (3) las inclusiones no metálicas.

2.3.1. *El tamaño de grano*

El tamaño de grano austenítico depende de la temperatura de hipertemple y tiene gran influencia en las características mecánicas del acero de hiper-

templado. El tamaño de grano fino eleva sensiblemente la resistencia a la tracción y el límite elástico, al mismo tiempo que disminuye el alargamiento. No modifica, sustancialmente, la pendiente de la curva de endurecimiento; la menor ductilidad inicial se mantiene a lo largo del trabajo de deformación, anticipando un prematuro agotamiento de la capacidad de deformación.

Tamaños de grano muy finos producen un endurecimiento innecesario, y tamaños de grano groseros provocan, por deformación, una deficiente calidad superficial con la aparición de la llamada ¨piel de naranja¨. El tamaño de grano óptimo, para estos menesteres, se sitúa entre 4 y 6, según norma **ASTM.**

2.3.2. *Los carburos*

Las adiciones de elementos tales como el titanio (**Ti**) y el niobio (**Nb**), fijan, fuertemente, el carbono (**C**) y el nitrógeno (**N**) en forma de carburos o de nitruros muy estables, bien distribuidos dentro de los granos de austenita. De este modo se evita la precipitación intergranular de los carburos o de nitruros de carbono, cualquiera que sean las condiciones de permanencia a alta temperatura. Se reduce al mismo tiempo e indirectamente la estabilidad de la austenita, ya que disminuye, en ella, los contenidos respectivos de C y de N.

Está comprobado, asimismo, que la disminución de carbono (**C**) de la matriz austenítica hace que el material se comporte, en cuanto a la estabilidad de la austenita y al endurecimiento, como un acero de más bajo carbono. En cambio su alargamiento de rotura disminuye y su capacidad de deformación en frío se ve reducida.

2.3.3. *Las inclusiones*

La presencia de inclusiones no metálicas en el acero puede producir la aparición de grietas durante su estampación y deformación en frío, debido al efecto concentrador de tensiones que aquéllas presentan Alrededor de tales inclusiones se producen concentraciones tensionales que pueden originar grietas, durante el trabajo de puesta en forma; **p.e.**: en las cabezas de los tornillos, cabezas reventadas.

La presencia, en el material a deformar, de alineaciones de inclusiones en zonas subcutáneas y de inclusiones superficiales de óxidos y sulfuros pueden llevar, también, a la aparición de grietas durante el trabajo de deformación en frío. Las **figuras 3** y **4** muestran inclusiones de óxidos y la aparición de grietas sobre la cabeza de los tornillos afectados.

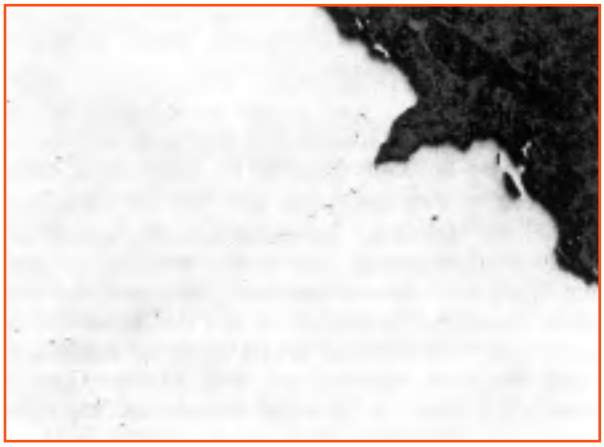


***Figura 3**. Inclusiones de óxidos superficiales que han provocado grietas, por concentración de tensiones, en el proceso de estampación y de forja en frío.*

***Figura 4**. Rosario de inclusiones subcutáneas que pueden llevar, también, a la aparición del mismo tipo de gritas –por concentración de tensiones– durante los trabajos de deformación en frío.*

De una mínima o casi nula presencia de inclusiones en el material, que están en estrecha dependencia con las condiciones de su proceso elaboración en caliente, se deduce la importancia de la metalurgia en las pautas [*fusión*, *desoxidación*, *colada*, etc.] de fabricación de este grupo concreto de aceros inoxidables.

2.4. Eliminación de los defectos superficiales

Los defectos superficiales, en particular: rayas longitudinales y pliegues, procedentes de los productos laminados en caliente pueden, si alcanzan cierta profundidad en el material ya trefilado, provocar durante su trabajo de puesta en forma, grietas en las cabezas de los tornillos, y en las partes mas críticas de otras piezas de la misma manera conformadas.

Para evitar al máximo tales defectos, hay que realizar controles exhaustivos y severos de los productos intermedios laminados en caliente [*palanquillas* y *alambrones*]. Y, particularmente, de una forma exhaustiva en la superficie de acabado del producto trefilado, ya que la superficie de los alambres es un factor esencial para conformación y puesta en forma de todos los aceros deformables en frío.

3. LA DEFORMACIÓN EN FRÍO DE LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS

Los aceros inoxidables austeníticos deben reunir una serie de características, para su óptima utilización en los procesos de deformación en frío. Tales características se pueden resumir:

- Resistir una deformación plástica importante, sin que se produzcan descohesiones, puestas de manifiesto con la aparición de grietas.
- Dejarse deformar fácilmente en frío. Esto es, que para una deformación dada, la energía necesaria sea la menor posible.
- Que se pueda realizar el trabajo de deformación a la velocidad correspondiente y con un mínimo de golpes.

A lo largo de todo el trabajo de deformación, como antes se ha indicado, el material se va endureciendo; endurecimiento que está acompañado de una bajada de la ductilidad residual del acero y, a medida que la dureza se incrementa, la deformación se hace cada vez más difícil. Esto conlleva: (1) a un aumento mayor de la energía de deformación que exige, inevitablemente, la utilización de máquinas más potentes; (2) que los riesgos de gripado sean más elevados; y (3) que el peligro de rotura de las herramientas sea también mayor.

El endurecimiento por deformación en frío, como ya sabemos, varia fuertemente según sea la composición química del acero utilizado; y, con esto, el primer problema que se presenta es el método de medida de tal endurecimiento.

3.1. Curva de tracción racional

Las curvas de tracción racional de los aceros representan la evolución de la resistencia a la tracción, en función de la tasa de reducción del área de la probeta ensayada. En la **figura 5** se indican las curvas correspondientes a los aceros inoxidables austeníticos **AISI 304** [X5CrNi18 10] y **AISI 302 Cu** [X2CrNiCu18 9] en estado hipertemplado.

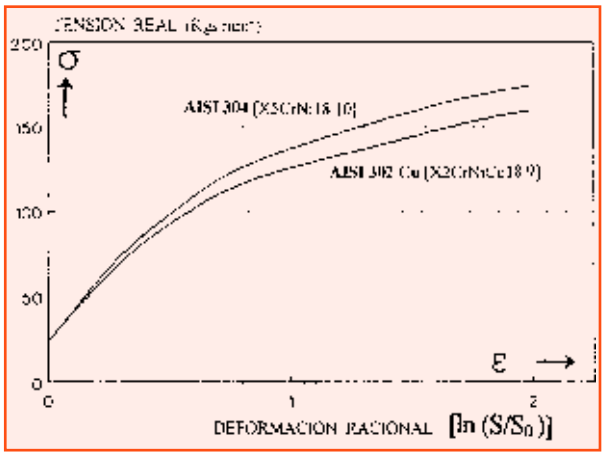


***Figura 5**. Análisis comparativo de las curvas de tracción racional de los aceros inoxidables austeníticos: **AISI 304** [X5CrNi18 10] y **AISI 302 Cu** [X10CrNiCu18 9].*

Para evaluar la tasa de endurecimiento de tales aceros, a lo largo de una deformación en frío específica, hay que referirse a sus curvas de endurecimiento o de consolidación que representan la evolución de la tensión real (**σ**) *–aplicada a la sección en cada instante–*, en función de la deformación racional (**ε**), siendo:

$$\sigma = (F/S) \quad y \quad \varepsilon = \ln (L/L_0) = \ln (S/S_0)$$

σ = tensión real.
ε = deformación racional.
F = fuerza real aplicada en la probeta en cada instante del ensayo.
S_0 = sección inicial.
S = sección real de la probeta en cada instante.

La curva de consolidación o de endurecimiento, tiene un significado físico preciso y permite, asimismo, el cálculo de la energía de deformación específica del material correspondiente. La energía de deformación específica, para una deformación **ε** determinada, viene expresada por la integral de la curva de tracción:

$$W = \int_0^{\varepsilon} \sigma(\varepsilon)\, d\varepsilon .$$

W = energía de deformación.

Tomando escalas logarítmicas –log **σ** en ordenadas y log **ε** en abcisas– al construir la curva de tensión-deformación para la zona de deformación y uniforme, a partir de la curva convencional de tracción, se obtiene una recta dependiente **n** y ordenada en origen **k**:

$$\log \sigma = k + n \log \varepsilon$$

La constante **k**, que tiene las dimensiones de un esfuerzo, –*presión*– carece de importancia. La constante **n** fija la pendiente de la curva y se denomina **coeficiente de endurecimiento** cuyo valor, en los aceros inoxidables austeníticos, está normalmente comprendido entre 0,45 y 0,85.

El valor de **n** es bastante más bajo en los aceros inoxidables ferríticos y en los inoxidables martensíticos, ya que el valor de **n** se sitúa n = [(0,20 ÷ 0,25)]; valor muy similar al de los aceros ordinarios de construcción mecánica, de contenido medio en carbono. Cuanto más elevado es el valor de **n** más endurecible es el acero.

En el caso de las curvas de la **figura 5**, los resultados se obtienen para tasas de deformación de 70 por 100. Las ventajas del acero **AISI 302 Cu** [X2CrNiCu18 9] sobresalen, netamente, frente a las del acero **AISI 304** [X5CrNi18 10], ya que se requiere una energía menor para una deformación dada; **tabla II**.

ACERO	Energía específica W/cm³
AISI 304	1193 Julios
AISI 302 Cu	1105 julios

Tabla II. *Energía de deformación específica para una tasa de deformación de 70 por 100.*

3.2. Mecanismos de endurecimiento

En el endurecimiento de los aceros inoxidables austeníticos por deformación en frío se distinguen dos mecanismos de endurecimiento que, normalmente, se superponen:

1. *Endurecimiento por transformación parcial de la austenita inestable en martensita.* La inestabilidad de ciertas austenitas hace que se produzca una transformación parcial de austenita inestable en martensita por el efecto de deformación.

2. *Endurecimiento de la austenita por deformación.* En los aceros inoxidables austeníticos al tener la austenita una estructura gamma (**γ**) – *sistema cúbico centrado en las caras* (**CCC**) – tiene un coeficiente de endurecimiento más alto que el de una estructura alfa (**α**) –*sistema cúbico centrado en el cuerpo* (**CC**).– propia del resto de aceros. Cuando la austenita es muy estable tan solo entra en juego el segundo mecanismo.

Si la austenita es muy inestable se desarrollan, al mismo tiempo, los dos mecanismos de deformación; cuando esto ocurre se origina, en la mayoría de las veces, el conocido fenómeno: **sensibilidad al imán.** Fenómeno éste que es característico de aceros inoxidables austeníticos que han sufrido una fuerte deformación en frío, ya que aparece en su estructura una cantidad respetable de martensita deformada. Esto explica la variabilidad del valor del coeficiente de endurecimiento [**n** = (0,45 ÷ 0,85)] de los aceros inoxidables austeníticos.

En el endurecimiento de la austenita inestable por deformación –*segundo mecanismo*– juega un papel muy importante la **energía de defectos de empaquetamiento** (**EDE**)*. A escala microscópica, será ventajoso asimismo buscar, en el material a deformar, una estructura completamente austenítica y estable, que conduzca a una energía de defectos de apilamiento (**EDE**), relativamente elevada. Las **dislocaciones** están, entonces, poco disociadas y tienen mayor facilidad de moverse mediante mecanismos de deslizamiento. De esta manera se aumenta la ductilidad y la plasticidad del material; característi-

* **EDE**. **El efecto de empaquetamiento** se define: ¨como una superficie plana de separación entre dos regiones de un cristal que tiene la misma orientación, pero no forma una red continua¨. Valores bajos de los **defectos de empaquetamiento** constituyen, de por sí, fuertes barreras al movimiento de las dislocaciones, que junto con la presencia en el material de otros defectos planares complejos, son obstáculos que dificultan muy mucho la deformación plástica en frío.

cas que se mantienen constantes, igualmente, con altas velocidades de deformación.

El níquel (**Ni**) y el cobre (**Cu**), desde el punto de vista metalúrgico, son elementos que favorecen el aumento del grado de energía de defectos de apilamiento (**EDE**), ya que, como se deduce por lo antes indicado, el endurecimiento inducido por trabajo en frío es, significativamente, mayor en aquellos aceros de menor **EDE.** Como consecuencia de ello, es habitual utilizar el elevado índice de endurecimiento (**n**) de la mayoría de aceros inoxidables austeníticos para obtener, por deformación en frío, piezas que reúnan, al mismo tiempo, una excelente combinación de altas características mecánicas y de resistencia a la corrosión.

Un caso típico lo tenemos en los alambres para muelles fabricados con acero inoxidable austenítico **AISI 302** [X10CrNi18 9], que alcanzan unos niveles de resistencia a la tracción (**R**) de hasta 250 Kgs/mm^2, según la intensidad de trefilado y diámetro final obtenido, junto con una excelente resistencia a la corrosión.

Entre los elementos químicos que influyen muy significativamente en la capacidad de endurecimiento de los aceros inoxidables, citamos los más fundamentales: (1) el carbono (**C**) que la aumenta; y (2) el níquel (**Ni**) que la disminuye. El cobre (**Cu**) tiene un efecto análogo al del níquel (**Ni**) pero es más eficaz; lo que explica, en gran parte, los buenos resultados que se obtienen con el acero **AISI 302 Cu** [X10CrNiCu18 9]**.** Acero éste que parte de su contenido en níquel (**Ni**) es reemplazado por un, relativamente, alto contenido (%) de cobre (**Cu**).

3.3. Influencia del grado de deformación. Severidad de conformado

Existen unas limitaciones generales para la deformación en frío de los aceros inoxidables. La severidad de deformación en frío puede caracterizarse por varios criterios; consideremos como ejemplo de uno de ellos: el recalcado elemental de una pieza cilíndrica; ver **figura 1**.

La relación $\mathbf{r_1 = H/d}$., característica de riesgo de pandeo en el transcurso de la deformación en frío. La altura **H** a recalcar se indica en múltiplos del diámetro **d** de la porción de material utilizado. En los aceros inoxidables austeníticos, la relación $\mathbf{r_1 =}$ **H/d**, se considera un valor máximo: $\mathbf{r_1}$ = (**4 ÷ 4,5**). La relación $\mathbf{r_2 = H/h}$ debe tener un valor máximo de nueve ($\mathbf{r_2 = 9}$), aunque ya a partir de seis ($\mathbf{r_2 = 6}$) comienzan las dificultades.

Productos de laminación, alambrones y barras de aceros inoxidables austeníticos con adición de cobre (**Cu**), con tratamiento térmico de hipertemple, pueden llegar a reducciones de área, por estirado en frío, de hasta 44 por 100, en una sola pasada. Para el resto de aceros inoxidables austeníticos, en general, la reducción límite de estirado se sitúa en 25 por 100.

La elevada tendencia de los aceros inoxidables al gripado, justifica la importancia que tiene una buena elección de los revestimientos. Entre los revestimientos más utilizados se encuentra el oxalatado y el cobreado electrolítico, que para su uso se suelen dopar, fundamentalmente, con lubricantes del tipo del bisulfuro de molibdeno. La fosfatación no se puede emplear debido a que los aceros inoxidables son inatacables por los agentes fosfatantes.

Cuando los aceros inoxidables austeníticos se utilizan en tornillería y/o en la fabricación de otras piezas, que necesitan para su puesta en forma importantes relaciones de extrusión y/o de recalcado en frío, se aplican especiales pautas en la fabricación del material de partida; se ajusta **p.e.**: al máximo principalmente su composición química, para que el producto final *–pieza o tipo de tornillo–* esté exento de defectos que se pueden originar durante el trabajo de conformación y, por tanto, presentan las mejores condiciones de utilización. Esto, normalmente, se consigue: (1) reduciendo al máximo los porcentajes de carbono (**C** ≤ 0,05%); de silicio (**Si** ≤ 0,45%), de manganeso (**Mn** ≤ 1,45%) y de nitrógeno (**N** ≤ 0,03%); y (2) aumentando el contenido de níquel (Ni ≥ 12) y adicionando, en algunas calidades, importantes cantidades de cobre (**Cu** = 3 ÷ 4%).

3.4. Influencia de la velocidad de deformación

Para una tasa de deformación dada, según la velocidad de estampado y/o extrusionado, se producirá un mayor o menor aumento de defectos en las piezas fabricadas; **figura 6**. Es un hecho constatado que la cantidad de piezas defectuosas aumenta muy rápidamente con una mayor velocidad de conformado en frío. Este aumento es tanto mayor

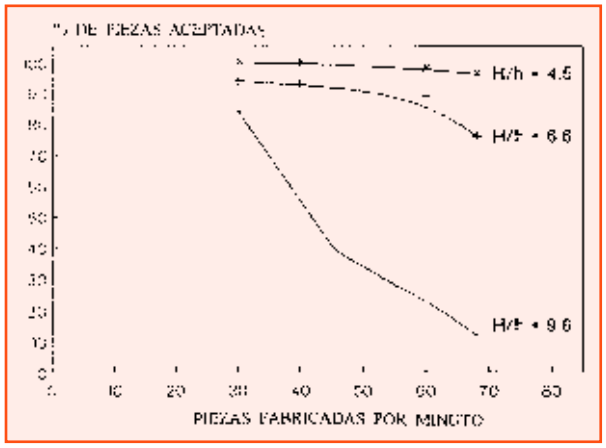


***Figura 6**. Influencia de la velocidad de deformación, y de la tasa de recalcado, en el tanto por ciento (%) de piezas aceptadas.*

cuanto más elevada es, también, la tasa de aplastamiento.

Hay una influencia manifiesta *–en el caso de los aceros inoxidables austeníticos y sus posibilidades de deformación plástica en frío a gran velocidad–* de seleccionar composiciones químicas que conducen, sustancialmente, a elegir aleaciones inoxidables con estructuras exentas de fases martensíticas y/o ferríticas. Fases éstas que son más sensibles a la velocidad de deformación que la austenítica. Por otro lado, la presencia de martensita deformada, poco dúctil, puede ser el origen de grietas a **45**° durante el estampado, normalmente, producidas por esa falta de plasticidad debido a la presencia de martensita deformada muy poco dúctil; **figura 7**.

***Figura 7**. Tornillos agrietados –grieta a 45° en cabeza de los dos primeros tornillos– debido a martensita deformada poco dúctil. En el pequeño tornillo –derecha– el agrietamiento de cabeza es más bien debido a la presencia de inclusiones superficiales y/o subcutáneas.*

4. ELECCIÓN DEL ACERO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE PIEZA A FABRICAR

No existe regla alguna que permita precisar y elegir una aleación especial inoxidable austenítica para un determinado tipo de pieza o de tornillo a fabricar. En la práctica, no obstante, se intenta la elección más idónea, buscando la solución más óptima y rentable, siempre teniendo en cuenta:

- El tipo y calidad de la pieza o del tornillo a conformar y/o estampar en frío.
- La velocidad de estampado o de conformado en frío.
- El número de operaciones previstas *–golpes–* para producir la pieza; compromiso velocidad de conformado/coste del acero.
- El tanto por ciento (%) de defectos admisibles.
- El coste del material.
- Desgaste y deterioro admisible de las herramientas.
- El tipo de máquina de estampado [potencia, vibraciones, etc].
- Posibilidad de estampado en semicaliente.
- Problemas eventuales de corrosión.

RESUMEN

La conformación y estampación en frío de los aceros inoxidables ha adquirido una importancia considerable estos últimos años. Con estas consideraciones hemos querido resaltar el hecho que, para fabricar un determinado tipo de pieza o de tornillo, la elección del material es un problema difícil que necesita que se tomen en cuenta un buen número de factores relacionados con las condiciones de su hechurado y puesta en forma. El número y variedad de los problemas que se han planteado por la aplicación de esta técnica de hechurado han podido resolverse por una estrecha colaboración entre metalurgistas y fabricantes de las piezas; principalmente, en lo que concierne a:

- La elección y elaboración de los materiales por parte del acerista: gama de aceros inoxidables

austeníticos más apropiados para los trabajos de deformación en frío, y exhaustivos controles de los semiproductos con ellos elaborados [*palanquillas*, *alambrones* y *alambres*]

- La elección de los parámetros de fabricación y puesta en forma de las piezas; la velocidad y cadencia de estampado y conformado, la lubricación, diseño de las preformas, etc.

Esta técnica de hechurado, que está en constante desarrollo, tiende a aplicarse en piezas cada vez más difíciles de conformar y extrusionar, principalmente en la industria del automóvil; **p.e**: rótulas de dirección, ejes estriados, etc.

BIBLIOGRAFÍA

– **Carlos Bertrand; Pedro M. Corcuera; Joseba Molinero y Manuel A. Martínez Baena**.
Consideraciones sobre los productos largos de aceros inoxidables austeníticos para la fabricación de piezas obtenidas por deformación en frío y por arranque de viruta.
Deformación Metálica Nº 147 año 1989.

– **J. Betanzos.** Comportamiento de los aceros inoxidables en la conformación en frío. Influencia de su composición y microestructura.
DEFORMETAL 86. Barcelona 1986.

– **H. Jarleborg**. Deformation hardening of austenitic steel in wire drawing (1966)

– **M.G.Breinlinger.** Frape a froid des aciers inoxidables. Aciers Speciaux año 1975.

Vendemos fundición completa

Hornos inducción 600 kg/h.

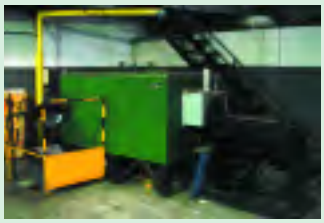
Moldeado Pepset.

Mezcladora, carrusel, recuperadora de arena, desmoldeadora, horno de recocido, spectrómetro, etc.

Toda o por partes.

Teléfs.: 949 214 288, 660 324 139 y vrise@hotmail.com

Se Vende



- Horno continuo Guinea Shaker-S30 de 30 kW y 50 kg de producción hora, el horno está funcionando y recién reparado.
- Horno de nitruración Aube Lindberg 1717 con dos crisoles más regulación, consumo 30 kW, con un diámetro de 550 m/m * 750 m/m.

- Lavadora de tricloroetileno.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS MARGO
C/ MINUTISA, 10 - 47012 VALLADOLID
983-206-113 – E-mail: tratamientosmargo@hotmail.com

SE BUSCA DISTRIBUIDOR

PARA GENERADORES DE OXÍGENO A PARTIR DEL AIRE PARA SOLDAR EN LA MISMA PLANTA/TALLER (TAMBIÉN PUEDE LLENARSE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN)

TEL: 93 205 0012

MAIL: info@puncernau.net

SE VENDE HORNO DE FOSA "NUEVO A ESTRENAR"

Características:

- Calentamiento eléctrico (250 kW).
- Dimensiones 1.750 mm ancho x 2.500 mm largo x 2.500 mm alto.
- Temperatura trabajo 750 °C máx.
- Sistema de recirculación interna.

Teléfono de Contacto: 650 714 800

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/cadenas.
• Mufla/Potes de recocido.
• Recuperadores.
Terminal Acerola 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

EUCON
• AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS.
• ANALIZADORES DE GASES.
• SONDAS DE OXÍGENO PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y COMBUSTIÓN.
• MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURAS EN HORNOS.
• GENERADORES DE NITRÓGENO GASLAB.
• HORNOS: ELTERMA PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y NITREX PARA NITRURACIÓN.
Parque Empresarial Villapark - Av. Quitapesares, 8 nave 8
Apartado 46 - 28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)
Tel.: 916 165 814 - Fax: 916 165 783
E-mail: eucon@grupoeucon.com - www.grupoeucon.com

TRATAMIENTO DE SUPERFICIES
• Granalladoras de turbina
• Equipos de chorreado
• Lavadoras y túneles de lavado
ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.
Telf. 93 246 10 00 - 93 246 16 01
E-mail: info@aymsa.com
www.aymsa.com

Solución total con un único proveedor

PROGRAMA DE FABRICACIÓN:

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

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

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.

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

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.

INDICE de ANUNCIANTES

ABRASIVOS Y MAQUINARIA . . . 46
ACEMSA 47
AFE CRONITE 15
APLITEC 45
ARROLA . . . . . PORTADA
BAUTERMIC 17
BIEMH 13
BMI 45
BRUKER 44
COMERCIAL SATEC 11
EMISON 45
ENTESIS 44
EUCON 46
FISCHER INSTRUMENTS 44
FLEXINOX 45
HORNOS ALFERIEFF 7
HORNOS DEL VALLÉS 45
INDUSTRIAS TEY 45
INDUSTRIE 13
INSERTEC 47
INSTRUMENTOS TESTO 47
INTERBIL 5
IPSEN 47
LIBRO TRATAMIENTOS TÉRMICOS 31
METALOGRÁFICA DE LEVANTE 46
MTC 9
PROYCOTECME 45
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 46
SECO 3
SMAGUA . . . . . Contraportada 2
SPECTRO 44
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL 47
TECNYMAT ACEROS 17
TRATAMIENTOS TÉRMICOS ESPECIALES 47
TRATERMAT . . . . . Contraportada 4

Próximo número

ABRIL

Hornos de sales. Instalaciones de atmósferas protectoras. Refractarios. Aislantes. Quemadores. Calentadores. Calidad. Laboratorio. Reguladores de temperatura. Cañas pirométricas. Metrología. Tratamiento térmico de metales férreos y no férreos.

Nº presente en **BIEMH** (Feria de Bilbao).