TRATER Press
DICIEMBRE 2016 • Nº 56
REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO
www.pedeca.es

TRATAMIENTO TÉRMICO DE ALEACIONES DE METALES NOBLES EN ATMÓSFERA CONTROLADA

HEA
SINCE 1945
HORNOS INDUSTRIALES
www.alferieff.com • hea@hornoshea.com
Telfféfono: +34 91 639 69 11

SUBCONTRATACIÓN'17

FERIA INTERNACIONAL DE PROCESOS Y EQUIPOS PARA LA FABRICACIÓN

6/8 DE JUNIO DE 2017

IN DUS TRY · SUBCONTRATACIÓN'17 · FERROFORMA · FITMAQ 2017 · maintenance · PUMPS & VALVES · ADDIT3D

BEC 6-8/6 2017

Tel.: (+34) 94 404 00 78/93
mail: subcontratacion@bec.eu
www.subcontratacionbilbao.com

BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

Nuestra Portada

HEA
SINCE 1945
HEA
HORNOS INDUSTRIALES
www.alferieff.com • hea@hornoshea.com
Tel.: 916 396 911 • MADRID

Sumario • Diciembre 2016 - Nº 56

Editorial 4

Noticias 6

Air Liquide obtiene la certificación ISO 50.001 • Electrosón y SICK celebran jornada • Fusión por absorción • Control avanzado para máquinas compactas • Tecnología 3D Snapshot con Visionary-T de SICK.

Información

- Jornadas "Cementación a baja presión gaseosa" 10
- Entrevista a la directora de Expoquimia, Encuentro Internacional de la Química. Pilar Navarro: "Las innovaciones en proceso productivo es la gran apuesta de Expoquimia 2017" 12
- Honeywell lanza una nueva división de reactivos químicos 14
- FUCHS gana el Premio Alemán a la Sostenibilidad 2016 16
- Tecnología Actual y próximos avances técnicos en Forja 18
- Jornada práctica de simulación en tratamientos térmicos - *Por Análisis y Simulación* 20
- Del laboratorio a la producción - *Por Gorka Kortaberría y Unai Mutilba* 24
- Se celebró MetalMadrid 2016 26
- Caracterización termomecánica de un acero experimental 2,25% Cr para plantas de alto rendimiento energético - *Por M. Carsí. O. A. Ruano. J. C. García, X. Gómez y F. Peñalba* 27
- Algunas consideraciones sobre el aluminio y sus aleaciones. Tratamiento térmico (Parte 2) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* 34

EMPLEO 45

Guía de compras 47

Índice de Anunciantes 50

Síguenos en

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

PEDECA PRESS PUBLICACIONES S.L.U.
Goya, 20, 1º - 28001 Madrid
Teléfono: 917 817 776 - Fax: 917 817 126
www.pedeca.es • pedeca@pedeca.es

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

Diseño y Maquetación: José González Otero
Creatividad: DELEY
Impresión: Villena Artes Gráficas

Redactor honorífico:
José María Palacios

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

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

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

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

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

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

Como todos los años por estas fechas, nos gusta realizar un balance de lo que ha supuesto este año 2016 y lo que nos depara el 2017.

La mayoría opina que 2016 ha sido bueno, positivo y con mejoría con respecto a años anteriores.

Para 2017 "pedimos" que siga esta mejoría, que sigamos creciendo, mejorando y sobre todo que baje el paro y aumente la confianza en los mercados.

Todos lo que hacemos posible que esta revista llegue puntualmente a sus manos, les deseamos una **Feliz Navidad 2016** y **nuestros mejores deseos para 2017**.

Antonio Pérez de Camino

HORNOS DE INDUCCIÓN
PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

I-HAZ:
MAXIMIZA EL CONTROL DEL PROCESO

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

INDUCTOTHERM GROUP | IBERIA

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

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

INDUCTOTHERM® GROUP

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

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

Air Liquide obtiene la certificación ISO 50.001

Líder en gases, servicios y tecnologías para la Industria y la Salud, Air Liquide ha obtenido en España la certificación ISO 50.001 de su sistema de gestión energética para sus plantas de hidrógeno y dióxido de carbono (HYCO) de Puertollano y A Coruña.

La ISO 50.001 es una norma internacional cuyo objetivo es proporcionar a las empresas un marco de actuación para integrar la eficiencia energética en las operaciones, y así mejorar el desempeño energético a través de la optimización y racionalización del consumo de la energía.

Gracias a una política de inversiones periódicas en sus instalaciones que tiene por objetivo la optimización de sus costes y la seguridad, Air Liquide consigue una mejora continua en la gestión de sus procesos.
Un buen ejemplo es la reducción del consumo de combustible en las operaciones de producción, que revierte en una producción más eficiente, así como en la disminución de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.

En esta primera fase del proyecto las plantas de hidrógeno y dióxido de carbono (HYCO) Air Liquide de Puertollano y A Coruña han obtenido la certificación ISO 50.001. Para las siguientes etapas ya se han planificado las acciones necesarias para su consecución en las plantas de producción de gases del aire (ASU) de España.

Info 2

Electrosón y SICK celebran jornada

SICK ha estado presente durante décadas en la producción de automóviles, en calidad de líder mundial independiente en el desarrollo y la fabricación de soluciones de sensores inteligentes.

Tanto a gran como a pequeña escala, los sensores inteligentes de SICK contribuyen a que los procesos de producción sean más seguros, rápidos y flexibles. De ahí que la empresa alemana decidiera organizar junto a su distribuidor oficial, la firma Electrosón, una jornada dedicada al sector automovilístico.

Electrosón tiene más de 50 años de experiencia en el sector y goza de una relación muy estrecha con los fabricantes de vehículos en la zona. Se trata de una empresa dedicada a la distribución y venta de componentes electrónicos, automatismos y seguridad industrial.

Para realizar dicha labor cuenta con un equipo humano de 40 profesionales que abarcan toda la Comunidad Gallega, Asturias y el Norte de Portugal.

El Hotel Mar de Vigo acogió un evento en el que las dos empresas expusieron soluciones de automatización, que englobaron la identificación automática y sistemas de seguridad, así como el

cada vez más relevante ámbito de los robots colaborativos.

Se presentaron las últimas innovaciones de producto de SICK, como por ejemplo el escáner de seguridad MicroScan, el lector de códigos Lector650 o los sistemas de robot PLR y PLB. También se repasó el amplio abanico de consultoría.

La jornada se centraba en soluciones de sensórica para la fabricación de coches, sin embargo desde SICK se hizo especial hincapié a la Industria 4.0.

Según Jaume Catalán, Industry Manager de SICK España y Portugal, "queda patente que, en nuestra calidad de proveedores de tecnología para la Industria 4.0, ya somos capaces de presentar e implementar soluciones."

Las soluciones de SICK son fundamentales para superar los cuatro retos existentes en los niveles de producción: "control de calidad" en el nivel de sensores y accionamientos, "automatización flexible" en el nivel de máquinas, "seguridad" en el nivel de producción y "seguimiento y localización" en el nivel corporativo.

Info 3

Fusión por absorción

En los últimos meses, las sociedades del Grupo Soler han estado trabajando en la puesta en marcha de la nueva estructura empresarial, que acogerá el

metalmadrid `17

Junto a

ROBOMATICA

COMPOSITE SPAIN

Décimo Aniversario

Llegamos a nuestra 10ª Edición con un proyecto de ÉXITO y CONSOLIDADO

Si tu empresa está interesada en exponer en la próxima edición 2017 escríbenos a: comercial@metalmadrid.com

WWW.METALMADRID.COM

WWW.COMPOSITESPAIN.COM · WWW.ROBOMATICA.ES

negocio de INDUSTRIAS ELÉCTRICAS SOLER S.A y COMERCIAL SOLER S.A y de la cual nos informan que proceden a simplificar la estructura actual, mediante la absorción por parte de INDUSTRIAS ELÉCTRICAS SOLER S.A (empresa absorbente) y de la sociedad COMERCIAL SOLER S.A (empresa absorbida).

De este modo, pretenden conseguir una simplificación de la estructura, una reducción en los costes de gestión asociados y una toma de decisiones más eficiente y dinámica, en manos de la sociedad absorbente.

Info 4

Control avanzado para máquinas compactas

El NX1 es el controlador compacto de la serie Sysmac*1. Integra conectividad EtherNet/IP y EtherCAT, motion control y E/S, lo que permite añadir control avanzado a máquinas de tamaño pequeño a medio.

La incorporación de Electronic CAM e interpolación aumenta la velocidad y precisión, lo que se traduce en una mejora de la productividad y la calidad. Los datos recogidos por el puerto EtherCAT integrado y la unidad maestra IO-Link se pueden compartir entre las máquinas a través del puerto Ethernet/IP integrado. Esto ayuda a reducir la inactividad de la maquinaria y aumentar la productividad, al facilitar el mantenimiento preventivo y una integración completa.

Características:

- Tiempo de ejecución de instrucciones LD: 3.3 ns; capacidad de programa: 1.5 MB.
- Puerto EtherNet/IP, EtherCAT e interfaz de tarjeta de memoria SD incorporados.
- Hasta 8 ejes (incluyendo hasta 4 ejes para motion control).
- 24 o 40 E/S Push-In Plus incorporadas en la CPU para un cableado rápido.
- Uso de unidades de E/S NX distribuidas mediante EtherCAT.
- Programación según estándar IEC 61131-3 y bloques de función PLCopen® para motion control.

La plataforma integrada de automatización OMRON está destinada a proporcionar control y gestión total de la planta de automatización desde un mismo software. La programación basada en estándares globales y redes abiertas, permite crear un sistema estandarizado global. En el núcleo de esta plataforma, la serie de controladores de máquinas proporciona control síncrono de todos los dispositivos de máquinas, como equipos de motion, robots, visión, seguridad y conexión con bases de datos. Este concepto multidisciplinar permite simplificar la arquitectura de las soluciones, reducir el tiempo de programación y optimizar la productividad.

*1. Plataforma de automatización Sysmac.

Info 5

Tecnología 3D Snapshot con Visionary-T de SICK

Gracias a la innovadora tecnología 3D Snapshot, los sensores de Visión 3D Visionary-T de SICK ofrecen una total flexibilidad para el uso en interiores. Basado en el principio de medición del tiempo de vuelo, el Visionary-T proporciona para cada píxel información de profundidad en tiempo real, incluso para aplicaciones fijas. Para ello se transmiten todos los datos 3D sin procesar o bien aquella información previamente procesada que resulte útil para la aplicación correspondiente. Sus potentes herramientas de visualización y la fiabilidad de la información 3D hacen del Visionary-T sea, por ejemplo, para la intralogística, la robótica o en vehículos industriales.

Hay disponibles dos variantes de estos sensores: Visionary-T CX, una cámara básica 3D que genera una nube de puntos 3D de alta calidad; y Visionary-T AG, una cámara 3D inteligente que proporciona datos 3D completos o reducidos, en función de lo que se precise.

Info 6

BILBAO 06>08 JUNIO

FERRO FORMA 2017

REVOLUTION TOOLS

www.ferroforma.eu

IN DUS TRY

FERRO FORMA · SUB CON TRATA CIÓN'17 · FITMAQ 2017 · maintenance · PUMPS & VALVES · ADDIT3D

BEC 6-8/6 2017

e-mail: ferroforma@bec.eu
www.bilbaoexhibitioncentre.com
www.ferroforma.eu

BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

Cementación a baja presión o gaseosa

Balance y perspectivas

14-15 de marzo 2017 – CHAMBERY

La cementación a baja presión desarolla su base industrialmente desde finales de 1990. Se utilizaba en una parte del mercado, especialmente en el campo de la industria automóvil y más recientemente en la industria aeronáutica. Pero la cementación gaseosa frente a la competencia ha avanzado y conserva una parte de mercado importante.

Desde hace poco más de 20 años de experiencia industrial, hemos considerado útil hacer un balance en términos de rendimiento técnico, económico y medioambiental, ilustrado sobre experiencias adquiridas por usuarios de ambos procesos.

Para ofrecerles opiniones contrastadas, frabricantes de hornos de cementación lider en estas tecnologías y usarios de las dos tecnologías, argumentarán sobre las ventajas y desventajas de cada proceso.

Deberíamos proponer una perspectiva para el fututo y participar en el diseño de los tratamientos del mañana. Estos días terminarán con una mesa redonda que pensamos estará muy animada.

Participar estos días es actualizar su conocimiento sobre el proceso de cementación y encontrar repuestas para una inversión en este campo del tratamiento térmico.

ESPACIO DEDICADO A LOS INTERCAMBIOS COMERCIALES

Las empresas interesadas por este campo de actividad tienen la posibilidad de presentar sus productos, procesos… en un espacio dedicado a los intercambios comerciales. Pausas establecidas en el programa permitirán buenos intercambios durante los dos días.

Equipamiento del espacio: 1 mesa + 2 sillas, 1 conexión eléctrica, 2 paradas para la visualización de posters.

TARIFA : 540,00 € TTC (miembro A3TS) - 792,00 € TTC (no miembro).

PROGRAMA MARTES 14 DE MARZO

9h30: Acogida de los participantes.

10h00: Apertura de los dos días y presentación de la A3TS.

10h15: Cementación gaseosa/cementación a baja presión: datos comparativos, científicos y técnicos.
Pascal LAMESLE (IRT M2P).

11h00: Pausa.

11h30: Adaptación de los aceros al proceso de cementación a baja presión.
S.D. CATTEAU, T. SOURMAIL, M. MILLOT, H. DABAS, B. BOURGOIS, J. WISNIEWSKI (ASCO INDUSTRIES).

12h00: Cementación a baja presión aplicada a los aceros inoxidables y a los aceros aleados con silicio.
Thibaut MARTIN, Atman BENBAHMED (AUBERT & DUVAL).

12h30: Almuerzo.

14h30: Ejemplos de asociaciones concretas de cementación a baja presión con temple en aceite y tratamientos a granel.
Yves GIRAUD (ECM TECHNOLOGIES).

15h00: A la intersección de la industria y de la tecnología 4.0: mejorar e incrementar la flexibilidad de la producción, gracias a una nueva tecnología de cementación a baja presión.
Janusz KOWALEWSKI (Director of Business Development for ARGOS, IPSEN USA).

15h30: Hornos con atmósfera controlada y procesos asociados aplicados en la industria autómovil: ventajas y perspectivas de aplicaciones.
T. DOPLER (AICHELIN GmbH), H. ALTENA, D. ZIMMERMANN, (AICHELIN HOLDING GmbH).

16h00: Pausa.

16h30: Actuales tendencias con la cementación a baja presión para una producción en masa eficiente.
Dr. Volker HEUER, Dr. Klaus LÖSER (ALD VACUUM TECHNOLOGIES GmbH).

17h00: La cementación gaseosa: una tecnología con una resiliencia probada.
Francis LIEBENS, Nicolas SALLEZ (SOLO SWISS SA).

17h30: Fin del día.

20h00: Cena entre los participantes.

PROGRAMA MIÉRCOLES 15 DE MARZO

9h00: Herramientas y aleaciones adaptadas a las diferentes cementaciones.
Jean-Noël Amadasi (SAFE CRONITE).

9h30: Retorno de experiencia de la empresa Airbus Helicopters sobre la sustitución de la cementación gaseosa por la cementación a baja presión.
Alexandre BONNIN (SAFRAN HELICOPTER ENGINES).

10h00: Aplicación de la cementación a los turbomotores con pequeña y media potencia.
Cyril VERNAULT (SAFRAN HELICOPTER ENGINES).

10h30: Pausa.

11h00: De la cementación gaseosa y temple con aceite, a la cementación a baja presión con temple en helio: del sueño a la realidad.
Jean-Paul CANIVET (GIMA).

11h30: Distorsión de engranajes y manguitos deslizantes para cajas de engranajes de camiones, un análisis sistemático de diferentes conceptos de tratamiento térmico.
Andreas Schüler (ZF FRIEDRICHSHAFEN AG).

12h00: Los tratamientos termoquímicos en el grupo Renault.
Muriel Rochette (RENAULT).

12h30: Almuerzo.

14h00: El tratamiento termoquímico en el grupo PSA: una gran historia que tiene futuro.
Philippe LAPIERRE (PSA GROUPE).

14h30: Mesa redonda.

16h00: Conclusión de los días.

INFORMACIONES GENERALES

GASTOS DE PARTICIPACIÓN

El coste incluye el acceso a las conferencias con toda la documentación, las pausas, los dos almuerzos y la cena del martes 14 de marzo.

Miembros A3TS:
Antes el 15/02/2017: 358.80 € TTC
Después el 15/02/2017: 387.60 € TTC

No Miembros:
Antes el 15/02/2017: 446.40 € TTC
Después el 15/02/2017: 506.40 € TTC

Los pagos deberían tener lugar antes del martes 14/03/2017:

- Por transferencia bancaria:
  RIB: 30056 00040 0040 541 6761 92
  IBAN: FR76 3005 6000 4000 4054 1676 192
  BIC: CCFRFRPP
- Pago online sobre la website: a3ts.org

Entrevista a la directora de Expoquimia, Encuentro Internacional de la Química

Pilar Navarro: "Las innovaciones en proceso productivo es la gran apuesta de Expoquimia 2017"

En octubre de 2017, el recinto de Gran Via acogerá la 18ª edición de Expoquimia, el Encuentro Internacional de la Química de Fira de Barcelona. La directora del certamen, Pilar Navarro, explica en esta entrevista cuáles son las principales novedades y los objetivos de la edición que tendrá lugar en octubre del año que viene.

Pregunta: En 2017, Expoquimia, que vio la luz en un lejano 1965, llega a su 18ª edición. ¿Cómo se presenta esta nueva edición del evento de referencia para el sector químico español?

En estos momentos, estamos iniciando el periodo de comercialización del certamen, cuyo diseño comenzamos a perfilar tras el cierre de la pasada edición de 2014. Una edición que fue un completo éxito y que marcó un punto de inflexión en su trayectoria, ya que sirvió para impulsar la vertiente internacional del salón con la puesta en marcha de la fórmula WICAP (World, Investment, Cooperation and Innovation Lab, Application Forum y Project Forum). En 2017, seguiremos impulsando esta iniciativa para poder atraer proyectos internacionales que puedan representar verdaderas oportunidades de negocio para nuestros expositores. También acogeremos una nueva edición del proyecto corporativo Smart Chemistry, Smart Future que, liderado por la Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE), contará con la presencia de las principales compañías y organizaciones de la industria química. En este sentido, Expoquimia volverá a mostrar la solidez de un sector fundamental para la economía española y para el bienestar de toda la sociedad. Las innovaciones en proceso productivo es la gran apuesta de Expoquimia 2017.

Pregunta: ¿Es, por tanto, Expoquimia la mejor plataforma divulgadora de la industria química?

Desde sus inicios, Expoquimia tuvo claros dos objetivos: el primero, potenciar los contactos de negocio entre oferta y demanda; y segundo, ser el escaparate tanto técnico como teórico de una industria que, pese a su indudable aportación a la sociedad, parecía y parece ser una gran desconocida. Y desde entonces, Expoquimia ha demostrado su utilidad como instrumento para dar a conocer al gran público las ventajas que tiene la química aplicada en nuestro día a día. Campañas como 'La química es vida' o la organización de los Premios Expoquimia I+D+i en sus categorías de Biotecnología y Química, que cuentan con un reconocido prestigio dentro de la comunidad científica española, son algunas de las acciones que ha creado el certamen para dar visibilidad al sector desde otro punto de vista.

Pregunta: ¿Nos puede explicar en qué punto se encuentra el programa de actividades de Expoquimia, una de sus principales señas de identidad?

Expoquimia es el verdadero punto de encuentro entre ciencia e industria con un amplio programa de actividades que fomentan la transferencia del conocimiento gracias a la presencia de expertos nacionales e internacionales que dan a conocer en el marco del salón sus últimos avances científicos. En este sentido, Expoquimia acogerá la XV edición de las Jornadas de Análisis Instrumental (JAI), que tienen como principal objetivo divulgar el impacto que la innovación y el desarrollo del conocimiento tanto de las técnicas analíticas como del análisis instrumental tienen en la resolución de los problemas actuales de la sociedad, será sede del décimo

Congreso Mundial de Ingeniería Quimica (10th WCCE, por sus siglas en inglés), que reunirá a más de 3.000 ingenieros químicos de todo el mundo en un evento que, por primera vez, tendrá lugar en nuestro país, y acogerá una Jornada de la Asociación para la Defensa de la Calidad de las Aguas (ADECAGUA), entre otros actos sectoriales. En total, más de 150 actividades relacionadas con el sector químico se desarrollarán en el marco de Expoquimia 2017.

Pregunta: Para lograr incrementar el grado de internacionalidad del salón, ¿qué actividades ha llevado Expoquimia a cabo?

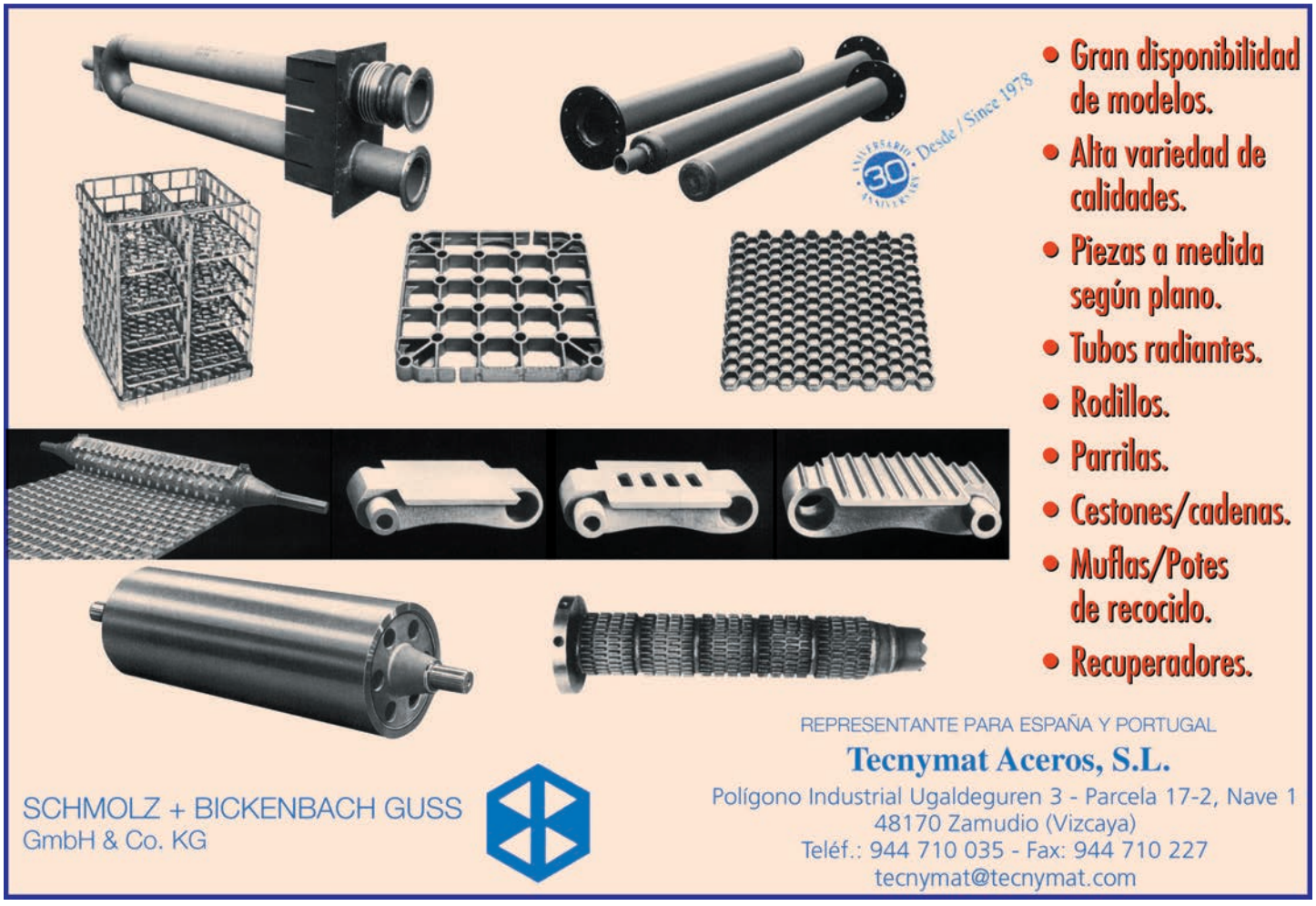
La dirección de Expoquimia ha recorrido medio mundo para poder atraer a los decision makers del sector que hagan rentable a los expositores su participación en el salón. Para ello, hemos visitado países con gran potencial como Azerbaiyán, por ejemplo, para que acudan a Barcelona como VIP buyers. Es una estrategia que ya seguimos en la pasada edición y que nos dio muy buen resultado.

Pregunta: ¿Cuáles son los sectores que conforman la oferta comercial de Expoquimia 2017?

Al ser el evento de referencia transversal de un sector imprescindible para la economía española, Expoquimia contará con una representación de todos los segmentos que lo integran, desde la industria de química de base, la química fina y la farmaquímica, los nuevos materiales, la instrumentación analítica hasta bombas y válvulas, pasando por bienes de equipo e ingeniería e instrumentación de medida y control. Expoquimia volverá a mostrar el state of the art del sector.

Pregunta: Ya por último, ¿es Barcelona el mejor lugar para acoger el Encuentro Internacional de la Química?

Barcelona y Fira de Barcelona son los lugares ideales para acoger este tipo de eventos. Por su privilegiada situación estratégica en el sur de Europa, por ser un polo de atracción de conocimiento con centros universitarios de primer orden, por contar con empresas de ámbito internacional, por contar con infraestructuras científicas que son referentes mundiales y por su know how organizativo… Sinceramente, creo que no hay lugar en el mundo que presente tantas ventajas.



Honeywell lanza una nueva división de reactivos químicos

Honeywell anuncia el lanzamiento de una nueva unidad de negocio, Honeywell Research Chemicals. Ésta abarcará varias marcas y compuestos químicos, como disolventes y compuestos inorgánicos que se adquirieron a Sigma-Aldrich en diciembre de 2015. Honeywell Research Chemicals aúna más de 200 años de conocimientos y experiencia en la industria, con un nivel de personalización adaptado a las necesidades en constante cambio de los investigadores, que requieren un suministro fiable de reactivos y disolventes fundamentales en los sectores de ensayos analíticos y tecnología de materiales.

Arnaud Verhaeghe, director general de Honeywell Research Chemicals, ha declarado: «Nuestros clientes buscan un proveedor en quien puedan confiar y que los acompañe en cada paso del proceso, desde las etapas iniciales, al desarrollo y luego a la producción». Asimismo, añadió: «Honeywell no solo ofrece productos de catálogo que satisfacen y superan dichas expectativas, sino que también proporciona un grado excepcional de personalización en cuanto a las especificaciones, la cantidad y la entrega, garantía de que siempre damos prioridad a nuestros clientes».

Honeywell Research Chemicals está cumpliendo con las expectativas de los clientes. Después de una evaluación exhaustiva del comportamiento de estos en el sector de disolventes y compuestos inorgánicos, Honeywell también ha abierto un sitio web de compras en línea para adaptarse a la creciente demanda de los directores de laboratorios, quienes exigen sistemas más rápidos y sencillos con que gestionar su inventario. Este nuevo sitio web contempla la naturaleza cambiante de las compras de compuestos químicos al brindar a los usuarios una manera sencilla, fácil y cómoda de encontrar y adquirir lo que buscan.

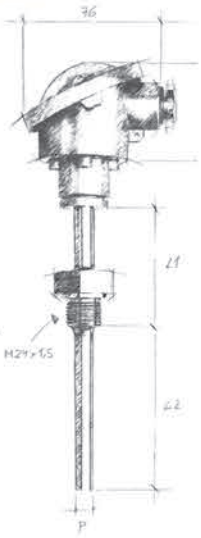
Honeywell Research Chemicals ofrece las siguientes cuatro líneas de productos:

- Honeywell Fluka™: Compuestos químicos y reactivos inorgánicos para aplicaciones analíticas, con Hydranal™ para el método de Karl Fischer, y con compuestos inorgánicos TraceSELECT™ para análisis de trazas.
- Honeywell Riedel-de Haën™: Disolventes de alta pureza para aplicaciones analíticas específicas, con Chromasolv™ para la cromatografía, y disolventes TraceSELECT para análisis de trazas.
- Honeywell Burdick & Jackson™: Disolventes y reactivos de alta pureza para la síntesis, entre los que se encuentran las líneas de productos de anhidros.
- Honeywell: Disolventes y compuestos inorgánicos de alto rendimiento y marca Honeywell para usos generales en laboratorio.

Honeywell Research Chemicals está diseñada para ser el partner preferido de los investigadores que quieran incrementar la rapidez en llegar al mercado, y reducir los costes totales de la cadena de suministro. Para ello, nuestra empresa ofrece una cadena de suministro integrada, de modo que se ordenen los productos fácilmente y se entreguen de manera rápida para que nuestros clientes siempre vayan un paso por delante. La empresa fabrica soluciones de alta pureza para aplicaciones de investigación y análisis en laboratorio.

FABRICACIÓN SENSORES DE TEMPERATURA

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



LABORATORIO CALIBRACIÓN in situ

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

Suministro y Calibracion Industrial s.l.

www.sciempresa.com

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

ehaff FINE FILTRATION

Una inversión de alta rentabilidad

ehaff, SU DISTRIBUIDOR PETROFER

EL ESPECIALISTA RECONOCIDO EN LOS SECTORES METALÚRGICOS MÁS EXIGENTES

VENTAJAS DE PETROFER

- Alta calidad y reputación en productos Metalworking y procesos para la industria.
- Portafolio de más de 600 productos químicos de alta calidad, para cubrir la mayoría de las necesidades industriales del sector como la automoción, bienes de equipo, aeronáutica, etc.
- Excelente programa de innovación, creando nuevos estándares de calidad de procesos críticos.
- Orientado al cliente. Flexibilidad para el diseño y producción de nuevas formulaciones totalmente adaptadas a cada caso.
- Su compromiso con el medio ambiente, satisfaciendo las más exigentes normas de calidad internacional, así como la ISO 14011 y ISO 9001 a nivel global.

www.ehaff.com PETROFER industrial oils and chemicals

FUCHS gana el Premio Alemán a la Sostenibilidad 2016

Entre más de 800 empresas participantes, FUCHS ha logrado el primer premio en su primera candidatura, en la categoría 'Empresa de tamaño medio más sostenible de Alemania en 2016'.

El Premio Alemán a la Sostenibilidad es el galardón nacional que reconoce los destacables logros de sostenibilidad en la economía, comunidades locales y e investigación y, al mismo tiempo, uno de los premios más prestigiosos de este tipo en Europa.

Lo presenta la Fundación Premio Alemán a la Sostenibilidad en cooperación con el gobierno alemán, encabezando a asociaciones municipales, asociaciones comerciales, entidades cívicas e institutos científicos. Anualmente, desde 2008, el premio reconoce a las organiza-

ciones que combinan el éxito económico con la responsabilidad social y la protección medioambiental de manera ejemplar, utiliza acciones sostenibles para un mayor crecimiento y de esta manera fomenta de forma particular la idea de una sociedad sostenible.

El premio fue presentado en el marco de una gala festiva tras la 9ª Conferencia de Sostenibilidad de Alemania, el 25 de noviembre de 2016 en Düsseldorf con alrededor de 1.200 invitados.

Acerca del Premio Alemán a la Sostenibilidad

El Premio Alemán a la Sostenibilidad tiene como objetivo promover el desarrollo sostenible en Alemania y apoyar la incorporación de los principios de responsabilidad social empresarial en la opinión pública de una mejor manera.

El premio debe demostrar que la acción sostenible no sólo ayuda a resolver problemas sociales y ecológicos a escala global o local, sino que también aumenta la rentabilidad y la competitividad.

La concesión del Premio Alemán a la Sostenibilidad se basa en una competición corporativa anual. Pueden participar todas las empresas que produzcan y/o ofrezcan bienes/servicios en Alemania.

Los nominados y los ganadores son seleccionados en un proceso multietapa por 12 expertos de economía, política, investigación y sociedad civil.

HOT Técnicas en Hornos HOT S.L.

AICHELIN Group

HORNOS DE TRATAMIENTO – MAQINAS DE INDUCCION - QUEMADORES

Hauzer TECHNO COATING PVD / PACVD TECHNOLOGY

EQUIPOS DE PVD – Y - PACVD

Lohmann Qualität in Edelstahl

UTILLAJES – PARRILLAS - CESTAS

PINTURAS ANTICEMENTANTES - ANTINITRURANTES

DISEÑO Y CONSTRUCCION

HORNOS DE LABORATORIO E INVESTIGACION

SERVICIO TECNICO

REPUESTOS PARA HORNOS IPSEN

TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.

Polígono Ibaiondo
Pabellón nº 13
20120 Hernani - Spain

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

e-mail: hot@tecnicashot.com

Tecnología Actual y próximos avances técnicos en Forja

El pasado 1 de Diciembre el GRUPO INDUCTOTHERM, líder mundial en tecnologías de inducción, celebró en su planta de Rentería, ONDARLAN INDUCTOTHERM GROUP IBERIA, su Seminario Anual de Transferencia Tecnológica titulado "Tecnología Actual y próximos avances técnicos en Forja". En su sexta edición, una vez más, el proceso industrial abordado fue el de la FORJA en caliente y semicaliente. Con una asistencia de 24 personas pertenecientes a 13 empresas del sector, tuvieron lugar las siguientes cuatro ponencias:

— "Situación actual de la Industria de Forja y tendencias 2020" impartida por la Sociedad de Industrias de Forja por Estampación – SIFE.

— "Presente y futuro para los dos conceptos existentes de hornos de inducción en forja de tacos. Análisis comparativo: Hornos paralelos vs. Hornos serie", impartida por ONDARLAN INDUCTOTHERM GROUP IBERIA.

— "Pirómetros infrarrojos en el sector del metal", impartida por EQUITROL.

— "SPT Servopress Technology in Forging", impartida por FAGOR ARRASATE.

Tras las cuatro ponencias señaladas y una visita a las instalaciones del GRUPO INDUCTOTHERM, parte de los asistentes optaron por visitar adicionalmente una planta piloto de fundición propiedad de TECNALIA en Irún. El objetivo de esta visita no fue otro que el de poder comparar estos dos procesos industriales, el de la forja y el de la fundición, que en ocasiones pueden llegar a competir por los mismos productos en la industria. A este respecto, si por la mañana se pudo ver la aplicación de la inducción al calentamiento de los metales para ser posteriormente deformados (proceso de forja), por la tarde se pudo ver la aplicación de la misma tecnología de inducción, con sus diferentes características, a la fusión de los metales (no al calentamiento) con el objetivo de ser colados (proceso de fundición).

PRÓXIMO NÚMERO

Número presente en

Cementación a baja presión o gaseosa

14-15 de marzo 2017

CHAMBERY / FRANCIA

Reserve su publicidad:

pedeca@pedeca.es

91 781 77 76

Jornada práctica de simulación en tratamientos térmicos

Por Análisis y Simulación

El Tratamiento Térmico es una fase indispensable en la fabricación de piezas de acero. A través de una deliberada manipulación de la estructura química y metalúrgica de un componente, se pueden controlar de forma selectiva propiedades mecánicas como la dureza, resistencia estática y dinámica, y la tenacidad. Sin embargo, a parte de los efectos deseados, el tratamiento térmico puede conllevar efectos no deseados, como la distorsión del componente, dureza excesiva, baja resistencia del material, falta de tenacidad (que puede dar lugar a fallos por fatiga). Por lo tanto, el éxito o el fracaso de un tratamiento térmico no afecta únicamente a los costes de producción, sino que también determinará la calidad y fiabilidad del producto. El Tratamiento Térmico por tanto, debería de tenerse en cuenta durante las fases de diseño y desarrollo, y debería de controlarse en el proceso de fabricación. Los diseñadores de pieza y los tratamentistas buscarán aspectos como:

— La viabilidad del proceso.
— Alta resistencia al desgaste de las superficies de contacto.

— Una microestructura específica acorde con los requerimientos en servicio.
— Una distorsión mínima y controlada.
— Una distribución controlada de las tensiones residuales.

Con respecto al diseño y la fabricación basada en la simulación, resulta muy interesante poder calcular previamente los efectos del tratamiento térmico y optimizarlos variando materiales, parámetros de proceso o la geometría de la pieza. Una vez que el diseño de la pieza está congelado, resulta de vital importancia asegurarse que el proceso de tratamiento térmico es correcto y que la ventana de proceso garantice la calidad del producto, frente a las posibles variaciones en los parámetros de proceso (diseño de proceso robusto). Con la ayuda del software de cálculo por elementos finitos SYSWELD de ESI Group, este tipo de cálculos se pueden llevar a cabo para la mayoría de procesos de tratamientos térmicos,

teniendo en cuenta los efectos físicos más significantes. Por lo tanto, el diseñador de pieza y el tratamentista pueden tener una influencia intencionada en la optimización de la calidad y fiabilidad del producto, y a la hora de minimizar los costes de fabricación.

SYSWELD es un solver potente que se puede usar para evaluar los tratamientos térmicos en geometrías de piezas reales y puede dar respuesta a preguntas básicas del tipo:

— ¿Es viable el tratamiento térmico propuesto?
— ¿Es viable el material propuesto?
— ¿Es el medio propuesto para el temple el más adecuado?
— La ventana de proceso ¿es lo suficientemente segura frente a las tolerancias del proceso?
— ¿Tiene la pieza la dureza que debería y en la zona que debería?
— ¿Hay algún riesgo de agrietamiento durante el proceso de tratamiento térmico?
— ¿Son aceptables las distorsiones obtenidas?
— Las tensiones residuales de compresión, ¿son lo suficientemente elevadas y bien distribuidas?

Análisis y Simulación como empresa experta en la implantación de software de simulación para los procesos de fabricación, celebró el pasado mes de noviembre una interesante jornada teórico- práctica de simulación de los procesos de tratamietnos térmicos. Uno de los principales objetivos de esta jornada era el de dar a conocer las capacidades de esta tecnología a la industria y mostrar las diferentes posibilidades para acceder a ella. Durante la jornada, Análisis y Simulación contó con la inestimable colaboración del experto en simulación de soldadura y tratamientos térmicos Josef Tejc (ESI Group), quien aparte de compartir su experiencia con los asistentes guió a los mismos en una serie de ejercicios prácticos de cálculo con SYSWELD.

La jornada fue todo un éxito, tanto en participación con más de 15 empresas asistentes, como en el interés mostrado por los asistentes durante el desarrollo de la misma.

La simulación de tratamientos térmicos tiene un enorme potencial a nivel industrial, pero sigue siendo a día de hoy un campo un tanto desconocido en varios sectores. Este tipo de jornadas brindan a la industria la oportunidad de acercarse a una tecnología y a una ingeniería especialista en implantación de software, que a buen seguro puede ayudar a:

- Optimizar y mejorar tanto el proceso de diseño como el de fabricación en costos, en tiempos y en calidad.
- Reducir el tiempo de desarrollo de los proyectos evitando desde el inicio los problemas.
- Tener una mayor seguridad en el momento de tomar decisiones.
- Desarrollar y anclar el conocimiento estratégico dentro de la empresa.
- Disponer toda la información técnica en formato digital.
- Posibilidad de automatizar y estandarizar el proceso de diseño-desarrollo.
- Controlar mejor los tiempos, gestionando sus prioridades y sin depender de organismos externos.
- …

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

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

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

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

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

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

PRÓXIMO NÚMERO

Número presente en

Cementación a baja presión o gaseosa

14-15 de marzo 2017

CHAMBERY / FRANCIA

Reserve su publicidad:
pedeca@pedeca.es
91 781 77 76

Del laboratorio a la producción

Por Gorka Kortaberria y Unai Mutilba, Responsables de Inspección y Medida de IK4-TEKNIKER

La industria 4.0 consiste en la digitalización de la industria, pero más en concreto en la digitalización de los procesos productivos, y de los productos y servicios que derivan de esos procesos. Es esta digitalización la que está requiriendo el traslado de "la metrología del laboratorio" a "la metrología en la planta productiva" y es en este escenario donde se presentan oportunidades que tendrá que abordar la metrología en un futuro próximo, si quiere convertirse en un elemento habilitador de la Industria 4.0.

Sectores como la aeronáutica, la construcción naval o la energía eólica, que exigen la fabricación de componentes cada vez más grandes y sofisticados, unidos a las exigencias de la corriente "Industria 4.0" que requiere la digitalización de los procesos productivos y productos, están acelerando el traslado de la metrología del laboratorio a la planta productiva.

Es en este punto en el que la metrología debe evolucionar para convertirse en un elemento habilitador de la corriente "Industria 4.0".

El concepto "Metrología 4.0" define las nuevas tendencias de la metrología para satisfacer las necesidades del entorno productivo, buscando una producción eficiente mediante el uso de procesos de fabricación y de mediciones avanzadas e inteligentes. Para ello, es indispensable disponer de medios productivos controlados mediante sensores inteligentes que optimicen la respuesta de los procesos de fabricación en la propia línea de producción, asegurando la calidad del producto y reduciendo el ciclo productivo de los mismos, así como los costes derivados.

Los principales requisitos de esta interacción sensor-proceso residen en una adquisición rápida de datos (tecnologías sin contacto), el procesamiento automático de las medidas (programación paramétrica), la interpretación del resultado (modelos de toma de decisiones) y una conversión del resultado obtenido (adaptación del lenguaje de comunicación), para poder comunicarse con el sistema de control del proceso y actuar sobre el mismo.

Para satisfacer estas exigencias los sistemas metrológicos, hardware y software, se están adaptado a este entorno adquiriendo nuevas cualidades, que hasta el momento no eran necesarias en un laboratorio.

Claro ejemplo de esta tendencia es la conversión de los principales suministradores de equipamiento metrológico, hacia la venta de soluciones integradas en el proceso de fabricación.

Esta información permite tomar decisiones en tiempo real, cuando estos parámetros críticos se modifican y condicionan el resultado del proceso.

Esta aproximación requiere de sistemas de medición flexibles que permitan una automatización y programación de los mismos, para poder implicar los métodos de control aplica-dos hasta el momento.

Además, es necesario desarrollar un sistema que recoja los datos, los procese y tome una decisión en base a la monitorización de las características de interés del proceso.

Es decir, se exige a los medios de control integrar al proceso una precisión y velocidad semejante o incluso superior a los métodos externos de verificación y calibración empleados hasta la fecha.

Uno de los mayores retos que se presentan es trasladar la trazabilidad de las medidas "desde el laboratorio al entorno productivo", donde muchos de los factores que se controlan en un laboratorio (condiciones ambientales, geometría de las maquinas, calibración de sensores, etc.), no se controlan e incluso se desconocen, debido a que no ha sido necesario caracterizarlos hasta el momento.

De hecho, la variación térmica es la fuente de incertidumbre que más afecta a los medios productivos y de medición, así como a la propia pieza.

A mayor gradiente térmico y a mayor tamaño de pieza, mayor es la deriva geométrica que sufren los medios y los componentes y por lo tanto, mayor es la incertidumbre de los procesos de fabricación y los procesos de medición en planta.

Metrología para el control predictivo de los procesos de fabricación

En sectores como el de la automoción y el aeronáutico existe una clara tendencia a la adquisición masiva de puntos mediante sistemas de digitalizado sin contacto, que permiten realizar escaneados de grandes volúmenes de información en un tiempo reducido, y así, facilitar el control del 100% de la producción.

Es en este escenario donde surgen dos nuevas necesidades que debe abordar la metrología en un futuro próximo.

Por una parte, la gestión de grandes volúmenes de información (Big Data), requiere del desarrollo de nuevas herramientas hardware y software.

Es en este campo donde los ordenadores cuánticos basados en qubits y nuevas puertas lógicas van a permitir el almacenamiento y la gestión masiva de datos que va requerir la metrología en un futuro próximo.

Por otra parte, "los datos no son sinónimo de información", y por ello, el desarrollo de algoritmos y plataformas de actuación se hace indispensable.

Son estos algoritmos los que van a permitir definir indicadores de control para la evaluación de datos y toma de decisiones, generando una base de datos del proceso productivo, que permita predecir una deriva del proceso y así actuar de forma preventiva.

Al igual que la salud en la vida, "la metrología no lo es todo, pero sin la metrología la fabricación no tiene sentido"

Actualmente ya se está trabajando en el binomio "fabricación-medición". La medición de los componentes fabricados en la propia máquina herramienta con sistemas de adquisición integrados en la máquina, como sensores punto a punto o sensores de digitalizado, ofrecen posibilidades como conocer mejor el proceso productivo, evitar piezas defectuosas, realizar mantenimiento predictivo de los medios de producción y controlar las derivas del proceso.

En conclusión, la industria 4.0 consiste en la digitalización de la industria, más en concreto en la digitalización de los procesos productivos, y de los productos y servicios que derivan de esos procesos.

Es esta digitalización la que está requiriendo el traslado de la metrología del laboratorio al proceso productivo y es en este escenario donde se presentan una variedad de oportunidades, que tendrá que abordar la metrología en un futuro próximo si quiere convertirse en un elemento habilitador de la industria 4.0.

En todo caso, la metrología realizada en el laboratorio con condiciones ambientales controladas y procedimientos de medición exhaustivos, será irremplazable en un futuro próximo para asegurar la trazabilidad de las mediciones realizadas y garantizar la calidad en la industria.

Se celebró MetalMadrid 2016

Los pasados 16 y 17 de noviembre tuvo lugar otra exitosa edición de MetalMadrid en el Pabellón 4 de IFEMA (Feria de Madrid), que reunió durante esos dos días a este sector industrial. Más de 6.200 visitas de profesionales y empresas del sector han pasado por MetalMadrid 2016, junto a Robomática y CompositeSpain. Como siempre señalando la gran calidad de las visitas a esta feria, por el importante control que se hace en el registro online, así como en los mostradores de entrada respecto al acceso.

También destacan datos de interés, como las más de 400 empresas que participaron en los 350 stand y mostradores comerciales, con 16.000 m2 de ocupación, todos los sectores estuvieron presentes: maquina-herramienta, subcontratación, etc.

La próxima edición de MetalMadrid 2017, nuevamente junto a Robomática y CompositeSpain, se celebrará los días 15 y 16 de noviembre 2017.

Caracterización termomecánica de un acero experimental 2,25% Cr para plantas de alto rendimiento energético

Por M. Carsí (1), O.A. Ruano (1), J.C. García (2), X. Gómez (2), F. Peñalba (1)

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las condiciones óptimas de conformado para un acero experimental de bajo contenido en cromo, destinado a sustituir a los aceros de la familia P91 de 9% Cr, usados habitualmente en conducciones que trabajan a altas temperaturas. Se estudian sus características reológicas y se proponen las condiciones de temperatura y velocidad de deformación, para obtener un producto fiable. Los resultados indican que se puede garantizar un comportamiento similar o mejor a 650 °C, que es la temperatura empleada en conducciones de plantas térmicas con un coste muy inferior al de los aceros P91 tradicionales. En este trabajo se calculan los parámetros de la ecuación de Garófalo correspondiente, así como las zonas óptimas de conformado y se considera como 1.200 °C la temperatura óptima de conformado.

1. Introducción

Las empresas de generación de energía de los países desarrollados se enfrentan a un serio desafío. Por un lado, la eliminación gradual de los subsidios gubernamentales para reducir sus costes de producción, que sólo se puede subsanar mediante el aumento de la eficiencia de las instalaciones. Por otro lado, las crecientes demandas ambientales implican también la máxima eficiencia para disminuir el consumo de combustible[1].

Teniendo en cuenta las restricciones para la energía nuclear en España y en la mayor parte de Europa, la estrategia consiste en aumentar las energías renovables y utilizar las grandes cantidades de carbón en las centrales disponibles, mediante la imposición de condiciones mucho más severas con reducciones asociadas de CO2, SO2 y NOx. Por lo tanto, la generación de energía tiene un especial interés en las plantas de energía de carbón de alta eficiencia, que operan bajo condiciones más severas que las actuales centrales eléctricas supercríticas. Este aumento de la eficiencia se pretende alcanzar con las ultra supercríticas, USC, plantas de vapor que requieren nuevos materiales que permiten condiciones de operación temperatura y presión superiores [2]. Como un ejemplo, el aumento de la temperatura de 540 °C de las plantas convencionales a 650 °C de las plantas supercríticas, hace una ganancia en eficiencia térmica 39-43%. El siguiente desarrollo, las plantas USC que operan a 30 MPa y 700 °C, podría conducir a una eficacia térmica de 53%. Estas plantas deben estar licenciadas desde 2015.

En su día, el acero P-11 (1,25% Cr, 0.5% Mo) permitió elevar la temperatura de trabajo hasta 560 °C y posteriormente se pudo llegar a 595 °C con un acero aleado 2,25% Cr 1% Mo. Estos aceros tienen buenas propiedades en sí, pero si se añaden otros elementos estabilizadores de ferrita para mejorar las propiedades mecánicas y para retardar la transformación austenita, se puede conseguir un acero con temperatura de uso más alta. Para temperaturas más altas y presiones por encima de 600 °C y 30 MPa, son necesarios nuevos tipos de aceros, ya que además, se necesita una buena resisten-

(1) Dept. Metalurgia Física, CENIM-CSIC.
(2) Fundación TECNALIA.

cia a la corrosión a alta temperatura, como consecuencia de los vapores y gases emergentes.

Los materiales para las plantas de energía de última generación tienen que soportar condiciones extremas, que provocan la desestabilización de la microestructura de los materiales o su deterioro. El ensayo de los materiales para reproducir estas condiciones extremas es, por lo tanto, difícil y costoso. Por ello, se recurre a temperaturas más altas para acortar el tiempo de prueba, y simulaciones que reproduzcan las condiciones de fabricación. En este trabajo se propone la fabricación, caracterización y ensayo de nuevos aceros de relativo bajo coste con buenas propiedades a altas temperaturas, para ser utilizados en plantas energéticas de carbón supercríticas. Forma parte de un proyecto de investigación en el que se estudiaron varias coladas experimentales de dos tipos de aceros: 1) un acero basado en el T23 ((2,25% Cr, 0,1 C, 0,5 Mn, 0,1 Mo, 1,6 W, 0,25 V, 0,05 Nb, 0,003 B) modificado por la adición de elementos de aleación en pequeñas cantidades, inferiores al 1%, para mantener un coste reducido de la aleación, para aplicaciones hasta 650 °C y 2) un acero más caro, de composición aproximada 14 Cr-3 Co-3 W, 0,25 V, 0,5 Nb, 0,16 N, 0,15 C para aplicaciones por encima de 700 °C. Aquí nos referiremos a un acero del grupo 1 (derivado del T23) que proporcionó los mejores resultados de entre las coladas fabricadas.

Se han realizado ensayos de fluencia bajo las condiciones de aplicación de esta aleación. El comportamiento a la conformación de las aleaciones se determina mediante ensayos de compresión rápida, bajo condiciones similares a las utilizadas industrialmente en forja y laminado. Este estudio es especialmente útil para la producción industrial de tubos, ya que se desarrolla un algoritmo ad hoc para obtener un modelo capaz de caracterizar la conformabilidad de la aleación, así como las condiciones óptimas de rendimiento y garantía de inexistencia de grietas.

2. Material y procedimiento experimental

El material caracterizado en este trabajo se fabricó a partir de una colada de acero P-23 al que se añadió un 0,8% de Mischmetall (75% Ce, 25% La). Además, se añadieron otros elementos de aleación en cantidades pequeñas, de menos de 1%, para mantener el coste reducido de la aleación. Se introdujo también una pequeña cantidad de nitrógeno para promover la formación de carbonitruros. El uso de este acero sería para temperaturas inferiores a 650 °C, pero dependiendo de los resultados podría utilizarse a mayor temperatura. Se fabricó en un horno de vacío que proporcionaba un lingote de 4 kg de material que se muestra en la figura 1, y la composición obtenida se muestra en la tabla 1.

Fig. 1. Lingote del acero estudiado.

Se realizaron estudios metalográficos en el material obtenido para constatar la ausencia de ferrita delta. A partir del material obtenido se confeccionaron probetas para el estudio de fluencia y para compresión rápida. Para el estudio de las propiedades de fluencia se realizaron ensayos de tracción a rotura con probetas cilíndricas de 4 mm de diámetro y 20 de longitud (Norma DIN 50125) entre 695 y 730 °C, bajo carga de tracción constante de 72 MPa. Para el estudio de conformado mediante una máquina Gleeble se confeccionaron probetas cilíndricas de 10 mm de diámetro y 15 mm de generatriz y se realizaron ensayos a velocidades generalizadas de deformación de 1, 5, 10 y 20 s^{-1} y temperaturas de 900, 950, 1.000, 1.050 y 1.100 °C. Para tener constancia del grado de recristalización dinámica se realizó un estudio metalográfico de las probetas de compresión, una vez deformadas.

C	Mn	Cr	Mo	V	Nb	W	Al	N_2	Cu	P	S	Si	Gd	Ni	Ce	La
0,060	0,41	2,13	0,07	0,23	0,041	1,48	0,02	0,0054	0,13	0,013	0,005	0,3	0,09	0,09	0,32	0,09

Tabla 1. Composición del acero T-23 modificado.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización de partida

En el estudio de la evolución con la temperatura del acero T-23 modificado, calentando a temperaturas 1.050-1.125-1.275-1.325 °C durante 100 s/mm y revenido posterior a 750 °C, presentaron una microestructura prácticamente igual de martensita revenida con carburos, no conteniendo ferrita delta tal y como se muestra en las micrografías de la Fig. 2.

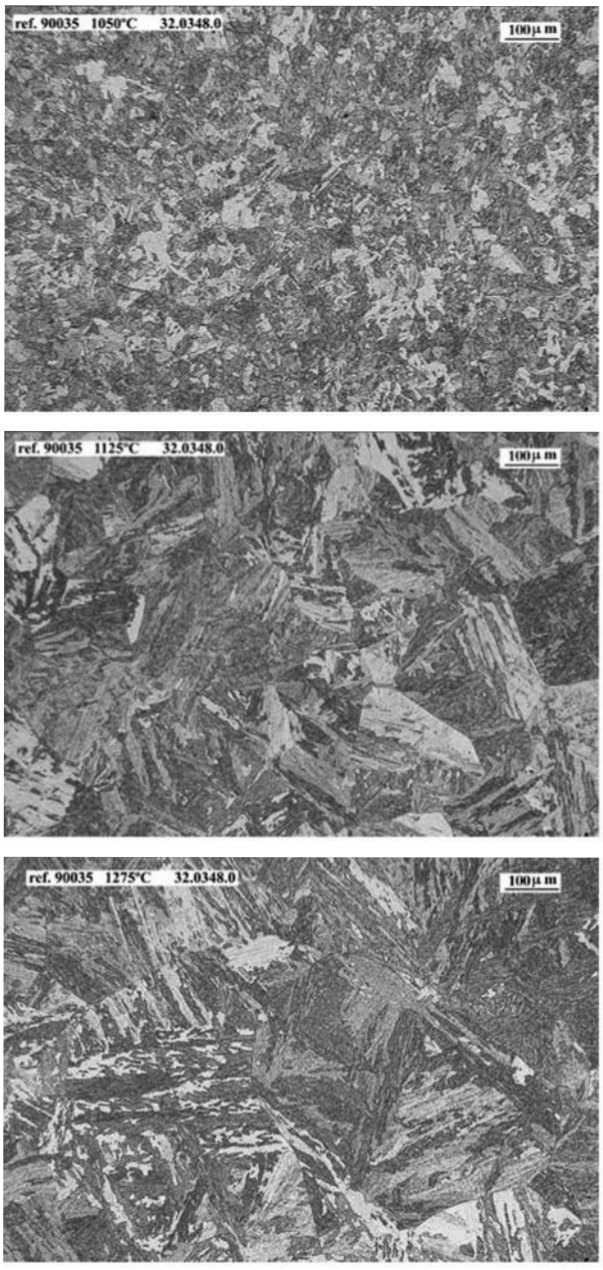


Fig. 2. Microestructuras del acero después de un tratamiento a: a) 1.125 °C, b) 1.275 °C y c) 1.275 °C 1.325 °C.

3.2 Ensayos de fluencia

Los resultados de los ensayos de fluencia a una tensión de 72 MPa son los siguientes:

Temperatura: 730 °C. Tiempo a rotura: 89 horas.

Temperatura: 720 °C. Tiempo a rotura: 189 horas.

Temperatura: 705 °C. Tiempo a rotura: 497 horas.

Temperatura: 695 °C. Tiempo a rotura: 1.057 horas.

Los resultados se representan en la Fig. 3. En este caso se ha obtenido un resultado que sitúa el tiempo a rotura, calculado por extrapolación a través de la pendiente de la curva de isotensión, en el entorno de 20.000 horas. Esto significa que el acero estudiado tiene un comportamiento a fluencia cercano a los aceros con 9% Cr, los cuales presentan tiempos de rotura en el entorno de 25.000 horas. Hay que tener en cuenta que el acero estudiado sólo cuenta con 2,25% de Cr.

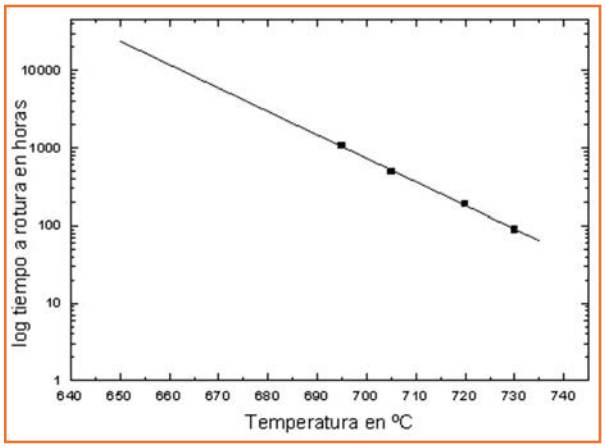


Fig. 3. Comportamiento a fluencia del acero estudiado.

3.3 Simulación de conformado

Los ensayos de compresión rápida muestran una recristalización dinámica variable con la temperatura, siendo parcial a 900 °C (Figs. 4a y 4b.) y total a 1.100

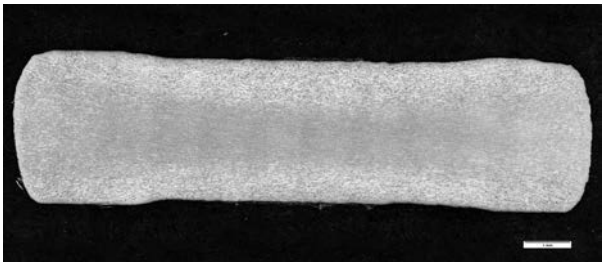


Fig. 4a. Probeta ensayada a compresión a 5 s^{-1} y 900 °C a la deformación $\varepsilon = 0.9$.

°C (Fig. 5) pero ya a 950 °C (Fig. 6) se aprecia una estructura uniforme de grano fino y a una temperatura de compresión de 1.050 °C aparece totalmente recristalizada (Fig. 7).

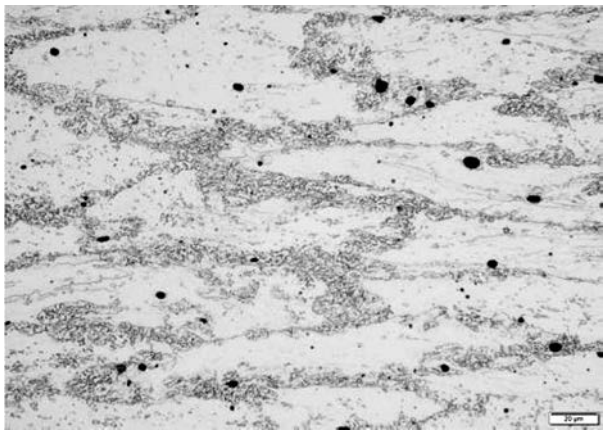


Fig. 4b. Micrografía de una probeta ensayada a compresión a 5 s^{-1} y 900 °C.

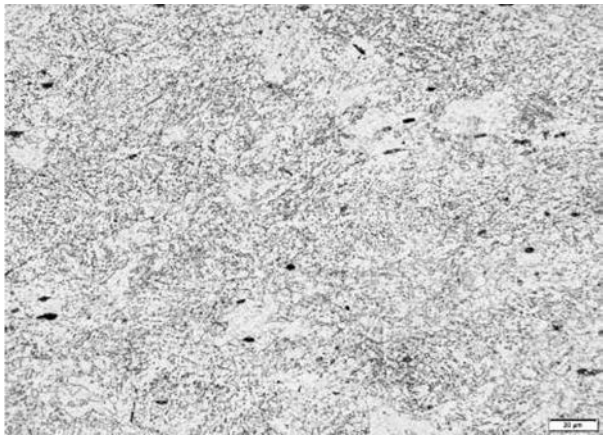


Fig. 5. Probeta ensayada a 5 s^{-1} y 1.100 °C.

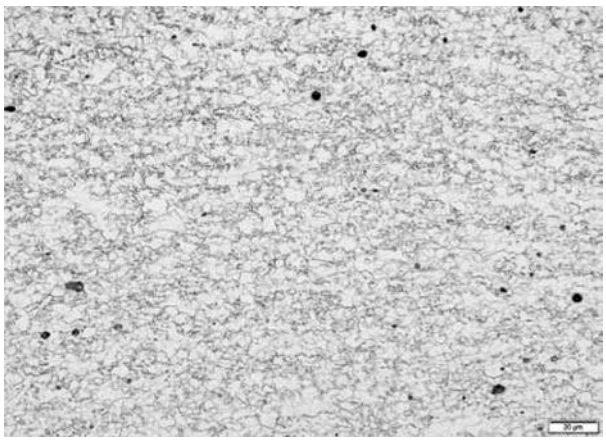


Fig. 6. Probeta ensayada a 5 s^{-1} y 950 °C.

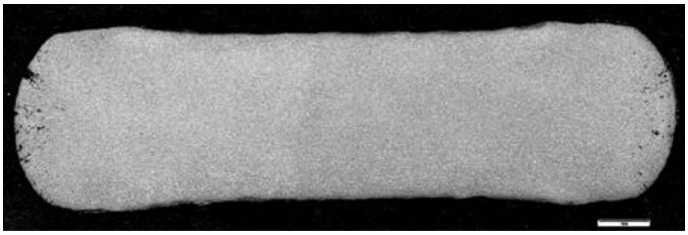


Fig. 7. Probeta ensayada a compresión a 5 s^{-1} a 1.050 °C.

A partir de los datos obtenidos en los ensayos de compresión se realizó el cálculo de la ecuación de Garofalo [3,4] que es la siguiente:

$$\acute{\varepsilon}_{exp}(474kj / mol / RT) = 1.2455E17(\sinh 0{,}012\sigma)^{4.2} \quad (1)$$

El mecanismo de deformación es el de deslizamiento de dislocaciones y el elevado valor de la energía aparente de activación a la deformación es debido al endurecimiento por una red de finas partículas dispersas.

La representación habitual de la bondad del ajuste se muestra en Fig. 8. Por último, utilizando la ecuación obtenida y por medio de la segunda condición de Lyapunov (2) y un algoritmo ad hoc ejecutado mediante el programa MCAD se calculó el mapa de estabilidad para el conformado [5], mapa que se muestra en la figura 9. La segunda condición de Lyapunov es la siguiente:

$$\frac{\sigma s}{\delta Ln(\acute{\varepsilon})} < 0 \quad (2)$$

A través del mapa se estudia s que es la entropía del sistema frente a la velocidad generalizada de deformación y la temperatura.

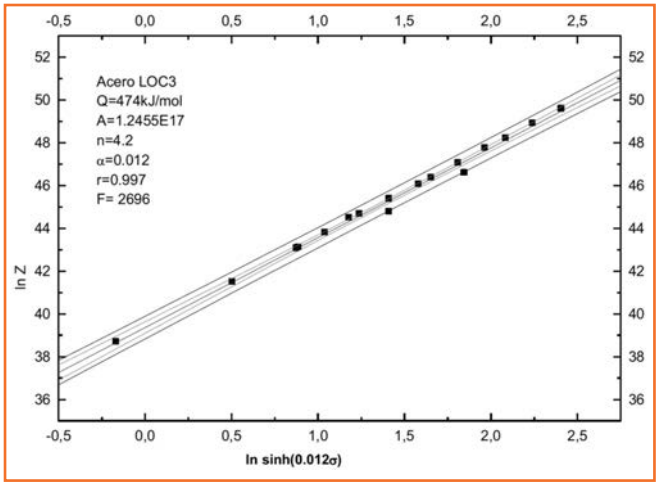


Fig. 8. Representación de la ecuación de Garofalo y los puntos experimentales.

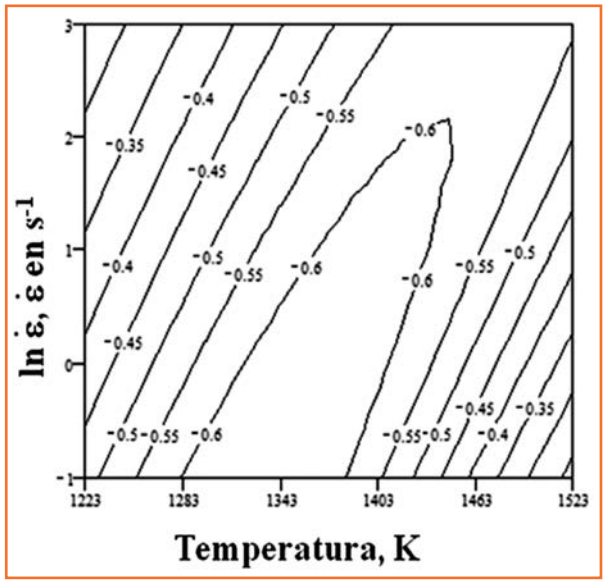


Fig. 9. Zonas de estabilidad de puntos experimentales. conformado.

Se observa que a 10 s^{-1} la temperatura óptima de conformado es cercana a 1.473 K, es decir, 1.200 °C.

4. Conclusiones

1) Se ha diseñado un acero basado en el T23 para su uso en tubos de alto rendimiento.
2) Su estructura inicial no contiene ferrita delta, por lo que se minimiza el peligro de grietas al laminar.
3) Su comportamiento a fluencia es comparable a un acero tipo T92 mucho más costoso.
4) A las velocidades habituales de conformado, se debe trabajar en torno a los 1.200 °C para garantizar la ausencia de grietas.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con ayuda de los proyectos del Plan Nacional MAT2009-14385y MAT2012-39124.

Referencias

[1] R. Viswanathan, R. Purgert, S. Goodstine, J. Tanzosh, G. Stanko, J.P. Shingledecker, B. Vitalis, Proc 5th Int Conference on Advances in Material Technology for Fossil Power Plants, EPRI, 2008, p. 1.

[2] R. Viswanathan, A.F. Armor, G. Booras, "A critical look at supercritical plants", Power Matazine, April 2004, p. 42.

[3] I. Riero, V. Gutiérrez, J. Castellanos, M. Carsí, M.T. Larrea, O.A. Ruano, "A New Constitutive Strain Dependent Garofalo Equiation to Describe the High-Temperature Proccessing of Materials. Application to the AZ31 Magnesium Alloy", Metall. Mater. Trans., 41 (2010) 2396-2407.

[4] C.M. Cepeda-Jimenez, O.A. Ruano, M. Carsi, F. Carreño "Study of hot deformation of an Al–Cu–Mg alloy using processing maps and microstructural characterization" Mater. Sci. Eng. A 552 (2012) 530–539.

[5] M. Carsí, R. Allende, F. Peñalba, J.A. Jiménez, O. A Ruano, "Simulation of the Forming Behavior of a Boron Modified P91 Ferritic Steel", Steel Res. Int. 75 (2004) 26-32.

PRÓXIMO NÚMERO

Número presente en

Cementación a baja presión o gaseosa

14-15 de marzo 2017

CHAMBERY / FRANCIA

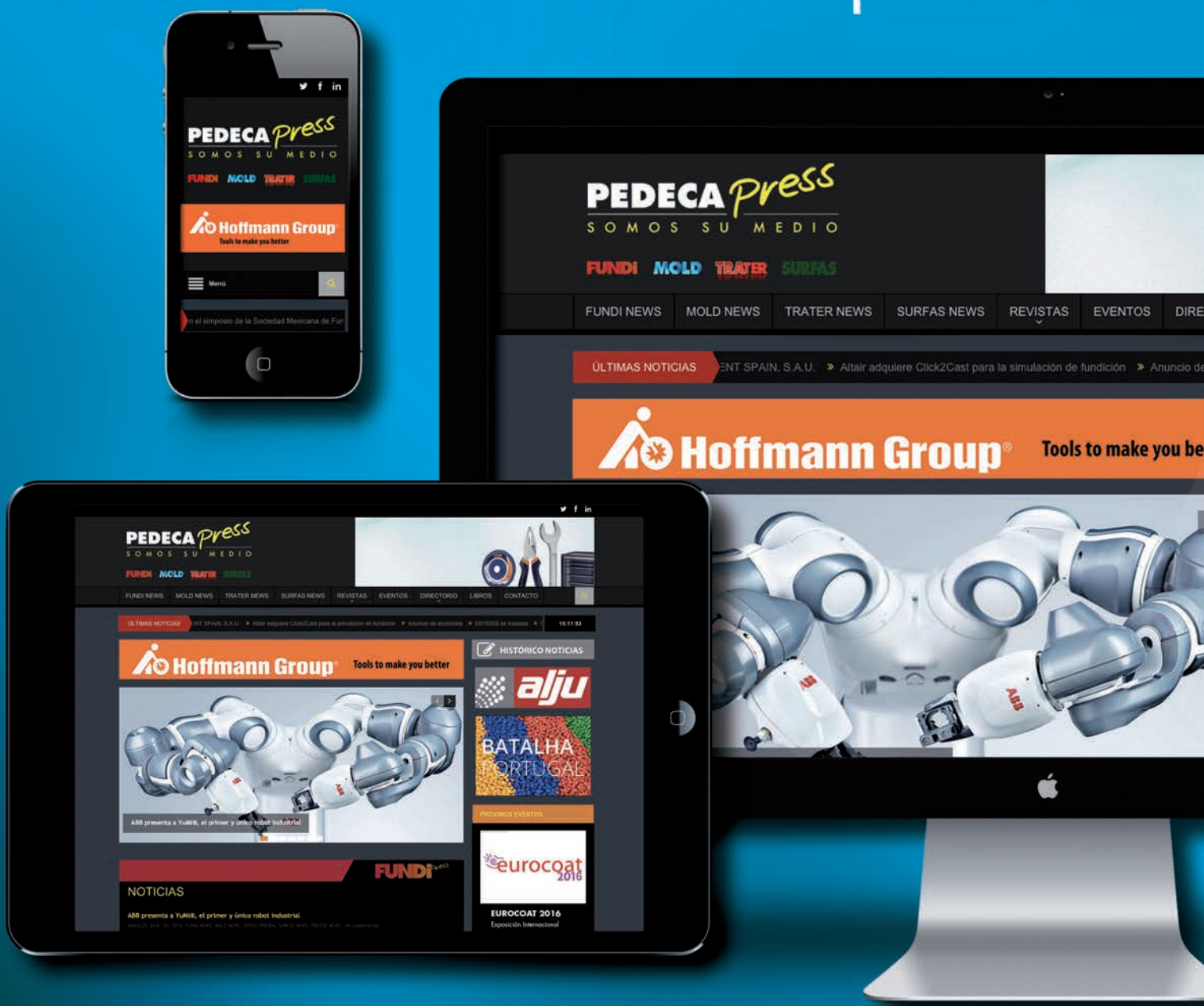
Reserve su publicidad:
pedeca@pedeca.es
91 781 77 76

SU MEJOR CO

REVISTAS PROFESIONALES

Estrenamos Nueva Web

www.pedeca.es



MUNICACIÓN

DEL SECTOR INDUSTRIAL

- Nuevo diseño y navegación más fácil, rápida e intuitiva
- Nuevos contenidos con los temas que le interesan
- Nueva presentación e información actualizada día a día
- Web responsive para que consulte desde su dispositivo favorito

PEDECA Press Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

C/ Goya, 20. 1°. • 28001 MADRID

Telf.: 91 781 77 76 • Fax: 91 781 71 26

pedeca@pedeca.es • www.pedeca.es

Algunas consideraciones sobre el aluminio y sus aleaciones. Tratamiento térmico (Parte 2)

Por Manuel Antonio Martínez Baena. Ingeniero Metalúrgico

2.1.1.3. *Aleaciones para moldeo del grupo aluminio-silicio*

Es el silicio (**Si**) su elemento principal de aleación. Las aleaciones ***aluminio-silicio*** se caracterizan por una muy buena capacidad de moldeo y una alta resistencia a la corrosión. Presentan en cambio, dificultades en la mecanización, que ciertamente, será tanto mayor cuanto mayor sea también el contenido (%) de silicio. Si bien la maquinabilidad depende especialmente de la microestructura del material de partida.

Las aleaciones ***aluminio-silicio*** forman eutéctica con 11,7 por 100 de silicio (**Si** = 11,7%), proporcionado al material que se moldea: una alta fluidez, una muy pequeña contracción y una buena estanqueidad a la presión. En la condición normal de aleación moldeada presenta una microestructura con partículas angulares de silicio primario, en una masa matricial de eutéctico de estructura gruesa formada por cristales de silicio y lagunas de aluminio; **figura 6**. Las propiedades mecánicas de dicha estructura son más bien pobres: presentan una muy baja ductilidad.

No obstante, la estructura de tales aleaciones se puede refinar, muy mucho, mediante un proceso conocido como "***modificación***"; que consiste en tratar el material líquido con sodio metálico (**Na** ~ 0,10%) en cuchara, antes de colar. El efecto de ese pequeño porcentaje de agente modificante, permite a la composición el desplazamiento de su eutéctica al 14 por 100 de silicio (**Si** = 14%), tal como muestra la **figura 7**. La fundición resultante tiene una estructura refinada, consistente en una

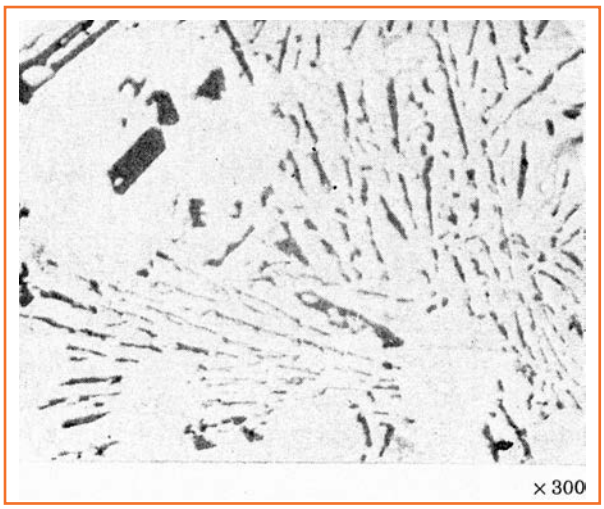


Figura 6. Microestructura de una aleación aluminio-silicio (Al-Si) sin modificar.

textura eutéctica laminar y muy fina; **figura 8**. El cambio de estructura producido por el proceso de modificación, va acompañado de una notable mejora de las características mecánicas: resistencia a la tracción y alargamiento; **figura 9**.

Las aleaciones más significativas e importantes del grupo ***aluminio-silicio*** son: (1) la aleación hipereutéctica AC EN-Al Si12, *–equivalente a la denominación* **L-2520** *de las antiguas normas* UNE– con contenidos de silicio entre 10,5 por 100 y 13,5 por 100 [**Si** = (10,5 ÷ 13,5%)]; y (2) la aleación hipoeutéctica bonificable AC EN-AlSi5Cu1Mg, *–equivalente a la denominación L-2571 de las antiguas normas UNE–* con contenidos de silicio entre 4,5 por 100 y 5,5 por 100 [Si = (4,5 ÷ 5,5%)]. Ambas

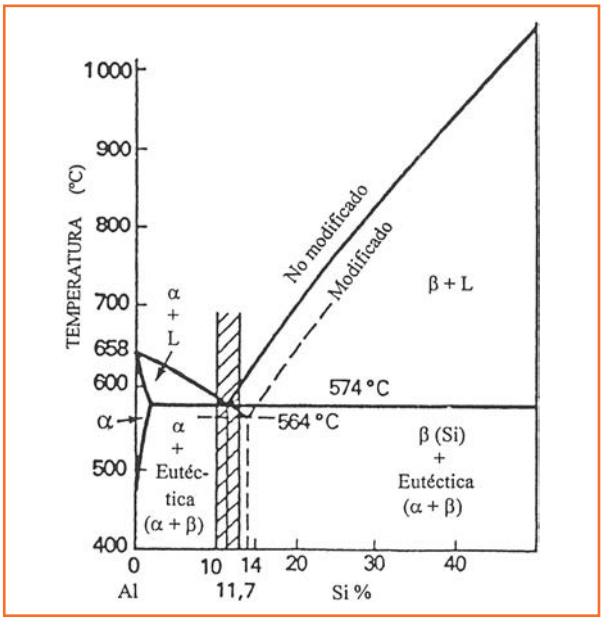


Figura 7. Esquema representativo de la modificación que sufre la eutéctica de las aleaciones Al-Si por la adición de pequeñas cantidades de sodio, produciendo una modificación profunda de la estructura de la aleación.

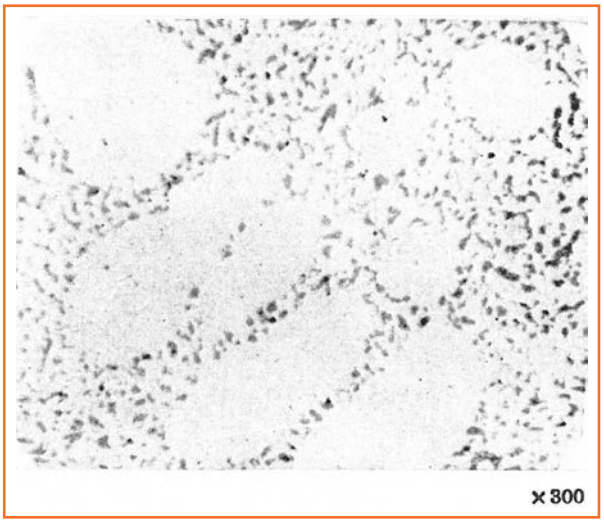


Figura 8. Microestructura de una aleación aluminio-silicio (Al-Si) modificada.

aleaciones se utilizan para el moldeo de piezas de difícil geometría: equipos para la manipulación de alimentos, accesorios marinos, motores pequeños, cajas de compresores de aire, etc. Las aleaciones **Al-Si** no son bonificables. Pasan a ser bonificables cuando se les adiciona una pequeña cantidad de magnesio [**Mg** = (0,25 ÷ 0,40%)], ya que tal contenido de magnesio hace que respondan perfectamente al tratamiento térmico de bonificado [solubilización + temple + maduración]. El magnesio [**Mg**] se adiciona para la formación de precipitados

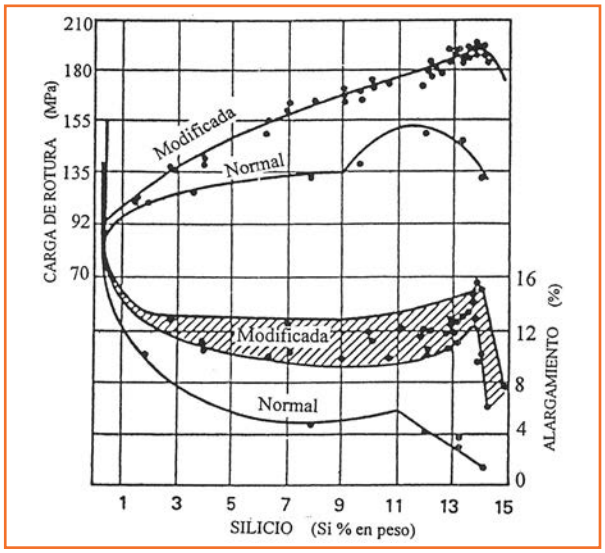


Figura 9. Aumento de las características mecánicas de la aleación (Al-Si) modificada en comparación de una aleación (Al-Si) normal.

coherentes precursores del componente intermetálico **Mg_2Si**. El grado de endurecimiento que se obtiene en el material depende de la cantidad de elementos endurecedores en solución sólida y de su forma de precipitación.

La adición de cobre (**Cu**) en pequeñas cantidades aumenta las características mecánicas y la maquinabilidad de tales aleaciones; pero por contra, esto supone una merma muy sustancial de la resistencia a la corrosión. Cuando el contenido de cobre es moderadamente mayor (**Cu** ≥ 2,5%), se obtienen, entonces, aleaciones que se pueden utilizar tanto bonificadas como sin bonificar; **p.ej.**: la aleación EN-AlSi9Cu3(Fe).

Aleaciones que alcanzan, de una forma u otra, características mecánicas medias muy aceptables, una maquinabilidad superior a la de las propias aleaciones **Al-Si**; y también una mejor calidad de moldeo que las aleaciones de este grupo.

2.1.1.4. *Aleaciones para moldeo del grupo aluminio-magnesio*

Es el magnesio (**Mg**) su elemento principal de aleación. La mejor característica de este grupo de aleaciones, ***–aluminio-magnesio–*** es su extraordinaria resistencia a la corrosión y atractiva apariencia estética. Aleaciones todas ellas muy poco propensas, también, a los fenómenos de corrosión bajo tensión; que es significativamente menor al de las similares aleaciones para forja.

Por lo que se pueden aumentar sustancialmente los contenidos de magnesio (**Mg**), respecto a los contenidos de las análogas aleaciones para forja. Con ello se consigue, justamente, materiales que responden con eficacia al tratamiento térmico de bonificado [solubilización + temple + maduración]. Tal es el caso de una de las aleaciones de mayor utilización industrial dentro del grupo: la aleación AC EN-AlMg9.

En este grupo de aleaciones están incluidas las dos de mayor significación y empleo: (1) la aleación AC EN-AlMg3, –*equivalente a la denominación* **L-2340** *de las antiguas normas* UNE – con un contenido máximo de magnesio de 3 por 100 máximo (**Mg** ≤ 3%); y (2) la antes mencionada aleación AC EN-Al Mg9,–*equivalente a la denominación* **L-2310** *de las antiguas normas* UNE– con un contenido de magnesio entre 8 por 100 y 10,5 por 100 [**Mg** = (8 ÷ 10,5 %)].

En la aleación AC EN-AlMg9, para optimizar sus características mecánicas resistentes, se puede realizar normalmente el enfriamiento de la pieza en molde metálico correspondiente. Esto permite velocidades de enfriamiento con las que se obtienen estructuras sobresaturadas en fase sólida, presentando eutéctica ($\alpha + \beta$) en estado de colada; lo que permite, después, tras la etapa de maduración del material, se alcancen niveles de resistencia tensil considerables. Con este proceso –*enfriamiento en molde metálico + maduración*– se pueden obtener casi idénticas propiedades mecánicas, prácticamente iguales a las de esta misma aleación bonificada [solubilización + temple + maduración].

La aleación AC EN-AlMg9 es utilizada en piezas resistentes a la corrosión que requieran al mismo tiempo elevadas características mecánicas. Igualmente se emplea en equipos para la manipulación de productos lácteos y alimentación, accesorios para la manipulación de sustancias químicas y drenaje, accesorios para la industria naval, zapatas para frenos en aviación, etc.

2.1.1.5. *Aleaciones para moldeo del grupo aluminio-cinc*

Es el cinc (**Zn**) su elemento principal. La aleación más significativa y también la más utilizada de este grupo, es la aleación AC EN-Al10ZnSi8Mg. –*equivalente a la denominación* **L-2710** *de las antiguas normas* UNE– con un alto contenido de cinc [**Zn** = (9 ÷ 10,5 %)]. En su composición también están presentes: el silicio con unos niveles entre 7,5 por 100 y el 9,5 por 100 [**Si** = (7,5 ÷ 9,5 %)], el magnesio entre 0,20 por 100 y el 0,50 por 100 [**Mg** = (0,2 ÷ 0,50 %)] y el titanio con un contenido de 0,20 por 100 (**Ti** = 0,20%).

La aleación AC EN-Al10ZnSi8Mg, tiene unas regulares características de colabilidad, buena resistencia a la corrosión, y una muy alta maquinabilidad. Es también, una de las pocas aleaciones que admite un fuerte soldeo, –***brazing***– debido a la elevada temperatura de los puntos de fusión de su eutéctica. Igualmente proporciona unas altas propiedades mecánicas sin llegar a un tratamiento térmico de bonificado completo, ya que es autotemplable al enfriarse con una cierta velocidad en el molde metálico y obtener así estructuras sobresaturadas en estado sólido. Proceso con el que se consigue un endurecimiento estructural por precipitación, mediante maduración natural; con lo que se alcanzan mejores combinaciones de resistencia mecánica, tenacidad a la fractura y, también, una mayor resistencia a la corrosión.

La aleación AC EN-Al 10ZnSi8Mg se emplea en accesorios para la industria aeronáutica, equipos radioeléctricos, cubiertas para torres, y otras piezas sometidas a grandes esfuerzos.

2.1.1.6. *Aleaciones del grupo Aluminio-Litio*

Las aleaciones aluminio-litio constituyen una nueva familia de aleaciones, tratables térmicamente, –*que todavía no han sido totalmente comercializadas*– adecuadas para aplicaciones aeroespaciales y aeronáuticas; cuando es necesaria una alta resistencia, mayor tenacidad, buena resistencia a la fatiga, y un peso reducido. La adición de litio (**Li**) en las aleaciones de aluminio provoca una reducción de la densidad del material [~3% por cada 1% de litio añadido], al mismo tiempo que aumenta el módulo elástico (~7%). Estas ventajas han provocado un gran interés en el desarrollo de tales aleaciones (**Al-Li**) con propiedades específicas elevadas. Sin embargo existen diversas circunstancias desfavorables que vienen asociadas a su proceso de fusión y fabricación.

La elevada reactividad del litio (**Li**) con el aire y el refractario de los equipos de fusión y colada, han obligado a desarrollar costosos equipos específicos para fundir y colar el material, contribuyendo todo ello, a un aumento de costes importante. La fusión en atmósfera inerte es el método más efectivo para eliminar dichos problemas; mientras que el desgasificado al vacío, o la purga con gas inerte, son los elementos adecuados para elimi-

nar el hidrógeno. El riesgo de explosión de las aleaciones aluminio-litio (**Al-Li**) es muy superior al de las otras familias de aluminio; y aumenta exponencialmente con el contenido de litio (**Li**), especialmente en presencia de agua. Por este motivo se recomiendan como líquidos enfriadores de colada: el etilenglicol, el propilenglicol y alcohol propílico. También la colada directa en coquilla ayuda a evitar las explosiones.

El desarrollo de aleaciones de alta resistencia basadas en el sistema **Al-Li** comenzó allá por los años 1980, y las primeras investigaciones se centraron en el estudio de las aleaciones **Al-Li-Cu** y **Al-Li-Mg**. Finalmente el estudio se centró, sobre todo, en aleaciones de alta resistencia: aleación **Al-Li-Cu-Mg-Zr**. Produciéndose entonces varios tipos de aleaciones comerciales entre las cuales cabe destacar la aleación **8090**, que se puede endurecer por precipitación mediante los diferentes tratamientos térmicos. Las adiciones de titanio (**Ti**) y boro (**B**) son las más efectivas para afinar el grano. Aunque metales comercialmente puros como el escandio (**Sc**) y/o el circonio (**Zr**) pueden, también, usarse para controlar el tamaño de grano.

Algunas de las principales aleaciones comerciales **aluminio-litio** (**Al-Li**), muy conocidas actualmente en la industria aeroespacial son: la ***aleación* Weldalite* 049** con 1,3% de Li; la ***aleación* 2099** con 1.9% a 2.6% de Li; la mencionada ***aleación* 8090** con 2,2% a 2.6% de Li; y la ***aleación* 2091** con 1.7% a 2.3% de Li. Adicionalmente, existen tres aleaciones experimentales: la aleación **X8090A**, la aleación **X8092** y la aleación **X8192**, que contienen entre un 2 por 100 y 3 por 100 de litio [**Li** = (2 ÷ 3%)]. Todo este conjunto de aleaciones está destinado a lograr un éxito significativo en la industria aeroespacial y en aplicaciones aeronáuticas.

2.2. Aluminio y aleaciones de aluminio para forja

El aluminio y sus aleaciones llevados a la plasticidad por medio del calor, se prestan de manera muy favorable –*dentro de unos límites de composición*– a las operaciones de laminado, de forja, estampado o matrizado y de extrusión en caliente.

Recordemos la palabra **forja**, que en la práctica industrial indica la operación de deformación plástica por medio de efectos instantáneos. En la transformación de los metales quiere decir: "***el conjunto de operaciones metalúrgicas, operaciones tecnológicas de deformación plástica en caliente y de tratamientos térmicos, que abarca el proceso de transformación mediante el cual se consigue un producto semielaborado***".

En el calentamiento para forja, hay que tener mucho cuidado de mantener la temperatura correcta para la puesta en forma del material en cuestión: [Tª = (380 ÷ 420 ºC)]. Intervalo de temperaturas donde la maleabilidad del material es máxima, y cuando la fluidez en caliente es también la óptima. Si se calienta en exceso el metal –*mayor temperatura de forja*– se **quema**, inutilizándose la pieza; por contra, si el material está demasiado frío se agrieta y rompe. Los calentamientos sucesivos y necesarios para el conformado de los productos, durarán el tiempo suficiente para que toda la masa del metal alcance, en todos sus puntos, la temperatura adecuada para la puesta en forma o hechurado del material correspondiente.

La maquinaria y el herramental para el trabajo en caliente del aluminio y sus aleaciones, es el mismo que se utiliza en el trabajo de los metales férreos, aunque normalmente se necesitan mayores potencias y esfuerzos de presión [~50% *aprox. más de potencia que en el acero*]; al mismo tiempo que aprecian algunas consideraciones en función del tipo de producto y del proceso tecnológico de hechurado: laminación, forja, extrusión, etc.

De acuerdo con la actuales normas, –**UNE-EN 573-2009/1M:2011**– el conjunto de "***aleaciones de aluminio para forja***" está constituido por un determinado número de grupos, que se desglosan en series, atendiendo a los principales elementos de aleación presentes en cada grupo. Se consideran los grupos que se contemplan en la **tabla V**. Y equivalencia con la norma **A A** [Aluminum Association (USA)].

GRUPOS	NORMA A A (USA)
Aluminio	1.XXX
Aleaciones Al - Cu	2.XXX
Aleaciones Al - Mn	3.XXX
Aleaciones Al - Si	4.XXX
Aleaciones Al - Mg	5.XXX
Aleaciones Al - Mg - Si	6.XXX
Aleaciones Al - Zn	7.XXX

Tabla V. Grupos de aleaciones de aluminio para forja, y equivalencia con los de las normas **A A** (USA).

* Aleación desarrollada por Martin Marieta a finales de los años 1980 y principios de los 1990.

En la **tabla VI** se indican las ***aleaciones de aluminio para forja, no modificables*** y ***bonificables*** más significativas. Sus designaciones correspondientes de las actuales normas, **–UNE-EN 573-2009/1M:2011–**; y equivalencias con las antiguas normas **UNE** y normas **A A** (USA). Las **tablas VII** y **VIII** muestran la composición química de las antes mencionadas aleaciones.

2.2.1. *Aleaciones para forja no bonificables del grupo aluminio.* Serie 1.000–Al

La aleación más representativa del grupo aluminio para forja es la EN AW-Al99,0 Cu,*–equivalente a la denominación* **L-3002** *de las antiguas normas* UNE– que tiene una resistencia a la tracción, aproximada, de unos 90 N/mm^2 [**R** ≈ 90 N/mm^2] en estado de recocido. Aleación que se destina, principalmente, a la elaboración de productos laminados.

2.2.2. *Aleaciones para forja no bonificables del grupo aluminio-manganeso.* Serie 3.000–AlMn

El principal aleoelemento de las aleaciones de este grupo es el manganeso (**Mn**), que fortalece al aluminio base ocasionando mediante solución sólida, el endurecimiento de la aleación. La máxima solubilidad del manganeso en solución sólida alfa (α) es de 1,82 por 100 (**Mn** = 1,82%), a temperatura eutéctica [Tª = 650 ºC]. El manganeso, debido a su limitada solubilidad, no se utiliza como elemento principal en ninguna aleación de moldeo y sólo se utiliza como tal, en algunas aleaciones de forja.

La aleación más significativa de este grupo es la aleación EN AW-AlMn1Cu, *–equivalente a la denominación* **L-3810** *de las antiguas normas* UNE– que ocasionalmente tiene una composición de aluminio (**Al**), a la que se le ha adicionado manganeso en proporciones comprendidas entre 1 por 100 y 1,50 por 100 [**Mn** = (1 ÷ 1,50 %)]. La aleación EN AW-AlMn1Cu, tiene una resistencia a la tracción aproximada, en estado de recocido, de unos 110 N/mm^2 [**R** ≈110 N/mm^2].

La aleación EN AW-AlMn1Cu es asimismo, la aleación más utilizada del grupo; particularmente cuando se requiere una excelente forjabilidad, elevada resistencia a la corrosión y buena capacidad de soldeo. Entre las aplicaciones típicas de la aleación EN AW-AlMn1Cu, se encuentran tanques de gasolina y de aceite, recipientes para altas presiones. Puede utilizarse también para tuberías.

2.2.3. *Aleaciones para forja no bonificables del grupo aluminio-silicio.* Serie 4.000–AlSi

Las aleaciones ***aluminio-silicio*** para forja son muy utilizadas como aportes para soldadura, a los que se le ha dado, por laminación o extrusión en caliente, la forma geométrica más adecuada para su empleo. De un modo general, a medida que aumenta el contenido de silicio (**Si**) aumenta la fluidez y facilidad de utilización como material de aporte. Para otras aplicaciones, es de especial interés la aleación EN AW-Al Si5(A) con un contenido de silicio entre 4,5 por 100 y 6 por 100 [**Si** = (4,5 ÷ 6,0 %)]. Aleación muy utilizada en arquitectura, por su agradable aspecto color grisáceo, después de anodizada.

Otra aleación, que es muy apropiada para piezas y componentes que tengan que soportar cierta temperatura en servicio, *–culatas y émbolos para automóvil–* es la aleación EN AW-AlSi12,5MgCuNi; con niveles de silicio entre 11 por 100 y 13,5 por 100 [Si = (11,0 ÷ 13,5 %)], y adiciones de **Mg**, **Cu** y **Ni** como elementos secundarios.

2.2.4. *Aleaciones para forja no bonificables del grupo aluminio-magnesio.* Serie 5.000–AlMg

El magnesio (**Mg**) es el principal elemento de las aleaciones de este grupo. Su presencia provoca el endurecimiento por solución sólida del material, cuando está presente dicho elemento en cantidades próximas al 5 por 100 (**Mg** ≈ 5 %).

Una de las más importantes aleaciones de este grupo es la EN AW-AlMg2,5 *–equivalente a la denominación* **L-3360** *de las antiguas normas* UNE– que contiene un porcentaje de magnesio entre 2,2 por 100 y 2,8 por 100 [Mg = (2,2 ÷ 2,8%)] y 0,25 por 100 de cromo (**Cr** = 0,25 %). En estado de recocido tiene una resistencia a la tracción aproximada, de unos 190 N/mm^2 (**R** ≈ 190 N/mm^2).

La aleación EN AW-AlMg2,5 se caracteriza por tener gran capacidad de soldeo, una muy buena resistencia a la corrosión y una moderada resistencia mecánica en general, sin tener que recurrir a ningún tratamiento tér-

DESIGNACIÓN VIGENTE UNE-EN 573-3: 2009/1M:2011		DESIGNACIÓN ANTIGUA NORMA UNE [ESPAÑA]			USA
NUMÉRICA	SIMBÓLICA	NUMÉRICA	SIMBÓLICA	UNE	A A
EN AW-1080A	EN AW-Al99,8 (A)	L-3081	Al-99,8	38118	1 080A
EN AW-1070A	EN AW-Al99,7	L-3071	Al-99,7	38117	1 070A
EN AW-1050A	EN AW-Al99,5	L-3051	A-99,5	38114	1050A
EN AW-1200	EN AW-Al99,0	L-3001	Al-99	38115	1 200
EN AW-1100	EN AW-Al99,0Cu	L-3002	Al-99Cu	38119	1 100
EN AW-2011	EN AW-AlCu6BiPb	L-3192	Al-6CuPb	38322	2 011
EN AW-2014	EN AW-AlCu4SiMg	L-3130	Al-4CuSiMg	38313	2 014
EN AW-2017A	EN AW-AlCu4MgSi (A)	L-3120	Al-4CuMg	38312	2 017A
EN AW-2117	EN AW-AlCu2,5Mg	L-3180	Al-2CuMg	38318	2 117
EN AW-2618A	EN AW-AlCu2Mg1,5Ni	L-3171	Al-2CuMgNi	38320	2 618A
EN AW-2219	EN AW-AlCu6Mn	L-3191	Al-6Cu	38321	2 219
EN AW-2024	EN AW-AlCu4Mg1	L-3140	Al-4Cu1Mg	38314	2 024
EN AW-2030	EN AW-AlCu4PbMg	L-3122	Al-4CuPbMg	38323	2 030
EN AW-2031	EN AW-AlCu2,5NiMg	L-3160	Al-2CuNi	38316	2 031
EN AW-3003	EN AW-AlMn1Cu	L-3810	Al-1MnCu	38381	3 003
EN AW-3103	EN AW-AlMn1	L-3811	Al-1Mn	38383	3 103
EN AW-3004	EN AW-AlMn1Mg1	L-3820	Al-1MnMg	38382	3 004
EN AW-3105	EN AW-AlMn0,5Mg0,5	L-3831	Al-0,5MnMg	38384	3 105
EN AW-4032	EN AW-AlSi12,5MgCuNi	L-3541	Al12SiNi	38354	4 032
EN AW-4043A	EN AW-AlSi5(A)	L-3511	Al-5Si	38351	4 043A
EN AW-4047A	EN AW-AlSi12(A)	L-3521	Al-12Si	38352	4 047A
EN AW-5005	EN AW-AlMg(B)	L-3320	Al-0,8Mg	38335	5 005
EN AW-5019	EN AW-AlMg5	L-3350	Al-5Mg	38332	5 056A
EN AW-5050	EN AW-AlMg1,5(C)	L-3380	Al-1,5Mg	38338	5 050
EN AW-5251	EN AW-AlMg2Mn0,3	L-3361	Al-2Mg	38347	5 251
EN AW-5052	EN AW-AlMg2,5	L-3360	Al-2,5Mg	38336	5 052
EN AW-5252	EN AW-AlAlMg2,5(B)	L-3362	Al-2,5Mg0,08Si	38420	5 252
EN AW-5154A	EN AW-AlMg3,5(A)	L-3392	Al-3,5Mg	38421	5 154A
EN AW-5454	EN AW-AlMg3Mn	L-3391	Al-3MgMn	38345	5 454
EN AW-5754	EN AW-AlMg3	L-3390	Al-3Mg	38339	5 754
EN AW-5657	EN AW-AlMg0,85Si0,08	L-3351	Al-0,8Mg0,08Si	38422	5 657
EN AW-5083	EN AW-AlMg4,5Mn0,7	L-3321	Al-4,5Mg	38340	5 083
EN AW-5086	EN AW-AlMg4	L-3322	Al-4Mg	38341	5 086
EN AW-6101	EN AW-AlMgSi	L-3431	Al-0,6MgSi	38343	6 101
EN AW-6005A	EN AW-AlSiMg(A)	L-3454	Al-0,7SiMg	38349	6 005A
EN AW-6351	EN AW-AlSiMg0,5Mn	L-3451	Al-1SiMg	38334	6 351
EN AW-6060	EN AW-AlMgSi	L-3442	Al-0,5MgSi	38350	6 060
EN AW-6061	EN AW-AlMg1SiCu	L-3420	Al-1MgSiCu	38342	6 061
EN AW-6063	EN AW-AlMg0,7Si	L-3441	Al-0,7MgSi	38337	6 063
EN AW-6181	EN AW-AlSiMg0,8	L-3455	Al-1Si1Mg	38423	6 181
EN AW-6082	EN AW-AlSi1MgMn	L-3453	Al-1SiMgMn	38348	6 082
EN AW-7020	EN AW-AlZn4,5Mg1	L-3741	Al-4,5Zn1Mg	38374	7 020
EN AW-7049A	EN AW-AlZn8MgCu	L3751	Al-8ZnMgCu	38375	7 049A
EN AW-7072	EN AW-AlZn1	L-3721	Al-1Zn	38372	7 072
EN AW-7075	EN AW-AlZn5,5MgCu	L-3710	Al-Zn6MgCu	38371	7 075
EN AW-8011	EN AW-AlFeSi(a)	~L-3611	~Al-0,8FeSi	38361	8 011

Tabla VI. Aleaciones de aluminio para forja, bonificables y no bonificables, más significativas. Designaciones correspondientes de las actuales normas, **–UNE-EN 573-2009/1M:2011–** con equivalencias con las antiguas normas **UNE** y normas **A A** (USA).

Aleaciones de Aluminio para forja. **Serie 1.000 – Al** [*No bonificables*]														
Designación aleación		Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Ni %	Zn %	Ti %	Ga %	V %	Notas	Aluminio mini.(%)
Numérica	Simbólica													
EN AW-1050A	EN AW-Al 99,5	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	–	–	0,07	0,05	–	–	–	99,50
EN AW-1070A	EN AW-Al 99,7	0,20	0,25	0,03	0,03	0,03	–	–	0,07	0,03	–	–	–	99,70
EN AW-1080A	EN AW-Al 99,8	0,15	0,15	0,03	0,02	0,02	–	–	0,06	0,02	0,03	–	–	99,80
EN AW-1100	EN AW-Al 99,0Cu	0,95 Si + Fe		0,05÷0,2	0,05	–	–	–	0,10	–	–	–	–	99,00
EN AW-1200	EN AW-Al 99,0	1,00 Si + Fe		0,05	0,05	–	–	–	0,10	0,05	–	–	–	99,00
Aleaciones de Aluminio para forja. **Serie 3.000 – Al Mn** [*No bonificables*]														
EN AW-3003	EN AW-Al Mn1Cu	0,60	0,70	0,05÷0,2	1,0÷1,50	–	–	–	0,10	–	–	–	–	Resto
EN AW-3004	EN AW-Al Mn1Mg1	0,30	0,70	0,25	1,0÷1,50	0,8÷1,3	–	–	0,25	–	–	–	–	Resto
EN AW-3103	EN AW-Al Mn1	0,50	0,70	0,10	0,9÷1,50	0,30	0,10	–	0,20	–	–	–	0,10Zr + Ti	Resto
EN AW-3104	ENAW-AlMn1Mg1Cu	0,60	0,80	0,05÷0,2	0,8÷1,40	0,8÷1,3	–	–	0,25	0,10	0,05	0,05	–	Resto
EN AW-3105	EN AW-Al Mn0,5Mg0,5	0,60	0,70	0,30	0,3÷0,80	0,2÷0,8	0,20	–	0,40	0,10	0,15	–	–	Resto
Aleaciones de Aluminio para forja. **Serie 4.000 – Al Si** [*No bonificables*]														
EN AW-4032	EN AW-Al Si12,5MgCuNi	11,0÷13,5	1.0	0,5÷1,30	–	0,8÷1,30	0,10	≤1,3	0,25	–	–	–	–	Resto
EN AW-	EN AW-Al Si5(A)	4,5÷6,0	0,60	0,30	0,15	0,20	–	–	0,10	0,15	–	–	–	Resto
EN AW-	EN AW-Al Si12(A)	11,0÷13,0	0,60	0,30	0,15	0,10	–	–	0,20	0,15	–	–	–	Resto
Aleaciones de Aluminio para forja. **Serie 5.000 – Al Mg** [*No bonificables*]														
EN AW-5005	EN AW-Al Mg(B)	0,30	0,70	0,20	0,20	0,5÷1,1	0,10	–	0,25	–	–	–	–	Resto
EN AW-5052	EN AW-Al Mg2,5	0,25	0,40	0,10	0,10	2,2÷2,8	0,25	–	0,10	–	–	–	–	Resto
EN AW-5083	EN AW-Al Mg4,5Mn0,7	0,40	0,40	0,10	0,4÷1,0	4,0÷4,9	0,15	–	0,25	0,15	–	–	–	Resto
EN AW-5086	ENAW-Al Mg4	0,40	0,50	0,10	0,2÷0,7	3,5÷4,5	0,15	–	0,25	0,15	–	–	–	Resto
EN AW-5154A	EN AW-Al Mg3,5(A)	0,50	0,50	0,10	0,50	3,1÷3,9	0,25	–	0,20	0,20	–	–	–	Resto
EN AW-5251	EN AW-Al Mg2Mn0,3	0,40	0,50	0,15	0,10÷0,5	1,7÷2,4	0,15	–	0,15	0,15	–	–	–	Resto
EN AW-5252	EN AW-Al Mg2,5(B)	0,08	0,10	0,10	0,10	2,2 ÷2,8	–	–	0,05	–	–	0,05	–	Resto
EN AW-5454	EN AW-Al Mg3Mn	0,25	0,40	0,10	0,5÷1,0	2,4 ÷3,0	0,12	–	0,25	0,20	–		–	Resto
EN AW-5657	EN AW-Al Mg0,85Si0,08	0,08	0,10	0,10	0,03	0,6÷1,0	–	–	0,05	–	0,03	0,05	–	Resto
EN AW-5754	EN AW-Al Mg3	0,40	0,40	0,10	0,50	2,6÷3,6	0,30	–	0,20	0,15	–	–	0,35Mn + Cr	Resto

Tabla VII. Aleaciones de aluminio para forja no bonificables. Serie 1.000-Al; serie 3.000AlMn; serie 4.000- AlSi y serie 5.000-AlMg.

Aleaciones de aluminio para forja. **Serie 2.000 – Al Cu** [*bonificables*]												
Designación aleación		Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Ni %	Zn %	Ti %	Notas	Aluminio mini.(%)
Numérica	Simbólica											
EN AW-2011	EN AW-Al Cu6BiPb	0,40	0,70	5,0÷6,0	0,05	–	–	–	0,30		0,2Bi+[≤ 1,5Pb]	Resto
EN AW-2014	EN AW-Al Cu4SiMg	0,50÷1,2	0,70	3,9÷5,0	0,4÷1,2	0,2÷0,8	0,10	–	0,25	0,15	–	Resto
EN AW-2017A	EN AW-Al Cu4MgSi(A)	0,20÷0,8	0,70	3,5÷4,5	0,4÷1,0	0,4÷1,0	0,10	–	0,25	–	0,25 Zr + Ti	Resto
EN AW-2024	EN AW-Al Cu4Mg1	0,50	0,50	3,8÷4,9	0,3÷0,9	1,2÷1,8	0,10	–	0,25	0,15	–	Resto
EN AW-2030	EN AW-Al Cu4PbMg	0,80	0,7	3,5÷4,5	0,2÷1,0	0,5÷1,3	0,10	–	0,50	0,2 0	≤ 1,5Pb	Resto
EN AW-2031	EN AW-Al Cu2,5NiMg	0,50÷1,3	≤1,2	1,8÷2,8	0,50	0,6÷1,2	–	0,6÷1,4	0,20	0,20	–	Resto
Aleaciones de aluminio para forja. **Serie 6.000 – Al Mg Si** [*bonificables*]												
EN AW-6005A	EN AW-Al SiMg (A)	0,50÷0,9	0,35	0,30	0,50	0,4÷0,7	0,30	–	0,20	0,10	–	Resto
EN AW-6060	EN AW-Al MgSi	0,30÷0,6	0,10÷0,3	0,10	0,10	0,35÷0,6	0,05	–	0,15	0,10	–	Resto
EN AW-6061	EN AW-Al Mg1SiCu	0,40÷0,8	0,70	0,15÷0,4	0,15	0,80÷1,2	≤0,35	–	0,25	0,15	–	Resto
EN AW-6063	EN AW-Al Mg0,7Si	0,20÷0,6	0,35	0,10	0,10	0,45÷0,9	0,10	–	0,10	0,10	–	Resto
EN AW-6082	EN AW-Al Si1MgMn	0,70÷1,3	0,50	0,10	0,40÷1,0	0,6÷1,2	0,25	–	0,20	0,10	–	Resto
EN AW-6101	EN AW-Al MgSi	0,30÷0,7	0,50	0,10	0,03	0,35÷0,8	0,03	–	0,10	–	–	Resto
EN AW-6181	EN AW-Al SiMg0,8	0,80÷1,2	0,45	0,10	0,15	0,60÷1,0	0,10	–	0,20	0,10	–	Resto
Aleaciones de aluminio para forja. **Serie 7.000 – Al Zn** [*bonificables*]												
EN AW-7020	EN AW-Al Zn4,5Mg1	0,35	0,40	0,20	0,05÷0,5	1,0÷1,40	≤0,35	–	4,0÷5,0	–	–	Resto
EN AW-7049A	EN AW-Al Zn8MgCu1	0,40	0,50	1,20÷1,9	0,50	2,1÷3,1	≤0,25	–	7,20÷8,4	–	0,25Zr + Ti	Resto
EN AW-7072	EN AW-Al Zn1	0,7Si + Fe		0,10	0,10	0,10	–	–	0,80÷1,3	–	–	Resto
EN AW-7075	EN AW-Al Zn5,5MgCu	0,40	0,50	1,20÷2,0	0,30	2,10÷2,9	≤0,28	–	5,10÷6,10	0,20	–	Resto

Tabla VIII. Aleaciones de aluminio para forja bonificables. Serie 2.000-AlCu; serie 6.000-AlMgSi y serie 7.000-AlZn.

mico posterior alguno. Su utilización es por igual en productos de forja o de laminación; particularmente, se emplea para depósitos de combustible en aviación, depósitos de aceite en vehículos pesados, elementos para embarcaciones, etc.

2.3.1. *Aleaciones para forja bonificables*

Otra gran parte de aleaciones para forja pueden ser estructuralmente endurecidas por precipitación mediante **bonificado**: solubilización + temple + maduración. Las

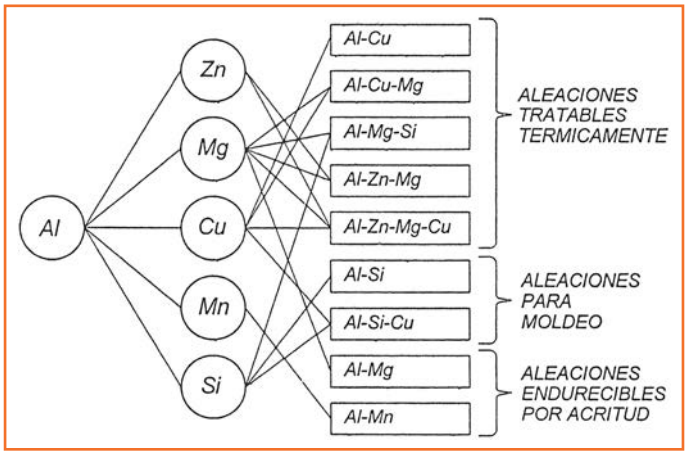


Figura 10. Esquema representativo de las aleaciones de aluminio: (1) aleaciones tratables térmicamente; (2) aleaciones para moldeo; y (3) aleaciones endurecibles por acritud.

aleaciones para forja bonificables pertenecen a las series **2.000-AlCu**; **6.000-AlMgSi** y **7.000-AlZn**; ver **tabla VIII** y esquema: **figura 10**.

2.3.1.1. *Aleaciones para forja bonificables del grupo aluminio-cobre.* Serie 2.000 – AlCu

El aleoelemento principal de esta serie de aleaciones es el cobre (**Cu**), que hace bonificables a las aleaciones de este grupo. La mayor parte de ellas contienen también magnesio (**Mg**), como elemento secundario incorporado. Una de las aleaciones más importante y representativa del grupo es la EN AW-AlCu4Mg1, –*equivalente a la denominación* **L-3140** *de las antiguas normas* UNE [**DURALUMINIO**]*– con un contenido de cobre comprendido entre 3,80 por 100 y 4,90 por 100 [**Cu** = (3,80 ÷ 4,90 %)].

Como elemento secundario está el magnesio (**Mg** ~ 1,50 %); le sigue también el manganeso (**Mn** ~ 0,60 %). Aleación que se encuentra reforzada, principalmente, por los mecanismos de endurecimiento estructural: precipitación de finas partículas de compuestos intermetálicos. El compuesto intermetálico, ***aluminio-cobre-magnesio*** (**$CuMgAl_2$**), es el principal agente endurecedor.

La aleación EN AW-AlCu4Mg1 bonificada, –*solubilización + temple + maduración*– alcanza una resistencia a la tracción por encima de 400 N/mm² [**R** ≥ 400 N/mm²]. Se utiliza ampliamente en estructuras para aviones, remaches, llantas de rueda, elementos de maquinaria, etc.

2.3.1.2. *Aleaciones para forja bonificables del grupo aluminio-magnesio-silicio.* Serie 6.000–AlMgSi

Los principales aleoelementos de esta serie de aleaciones son el magnesio (**Mg**), y el silicio (**Si**). Ambos elementos se combinan, constituyendo compuestos intermetálicos ***magnesio-silicio*** (**Mg_2Si**), en forma de precipitados endurecedores del material mediante bonificado. Tales aleaciones se caracterizan por una excelente resistencia a la corrosión, buena aptitud de forja y, también, por una buena aptitud al mecanizado por arranque de viruta.

La aleación EN AW-AlMg1SiCu, en estado de bonificado –*solubilización + temple + maduración o envejecimiento*– alcanza una resistencia a la tracción aproximada de unos 290 N/mm² [**R** ≈ 290 N/mm²]. Se utiliza especialmente en la fabricación de elementos estructurales.

La aleación EN AW-Al Mg1SiCu,–*equivalente a la denominación* **L-3420** *de las antiguas normas* UNE– es una de las más repesentativas e importantes del grupo; cuya composición media es: 1 por 100 de magnesio (**Mg** = 1 %); 0,60 por 100 de silicio (**Si** = 0,60 %); 0,30 por 100 de cobre (**Cu** = 0,30 %); y 0,35 por 100 de cromo máximo (**Cr** ≤ 0,35 %).

2.3.1.3. *Aleaciones para forja bonificables del grupo aluminio-cinc.* Serie 7.000–AlZn

El principal aleoelemento de las aleaciones del grupo es el cinc (**Zn**), le siguen el magnesio (**Mg**), y el cobre (**Cu**). El cinc y el magnesio se combinan para formar compuestos intermetálicos, magnesio-cinc (**$MgZn_2$**), que endurecen el material cuando se le realiza el tratamiento térmico de bonificado. La relativa elevada solubilidad del cinc y del magnesio en el aluminio hace posible la creación de una alta densidad de precipitados (**$MgZn_2$**), con el consiguiente incremento de resistencia y dureza.

La aleación EN AW-AlZn5,5MgCu,–*equivalente a la denominación* **L-3710** *de las antiguas normas* UNE–

* **DURALUMINIO**. Primera aleación industrial de aluminio endurecible por maduración o envejecimiento. La casualidad quiso que el alemán Alfred Wilm descubriera dicho fenómeno en el año 1906.

es una de las más importantes y representativas de este grupo. Los contenidos de su aleoelementos son: cinc entre 5,10 por 100 y 6,10 por 100 [**Zn** = (5,10÷ 6,10%)]; de magnesio entre 2,10 por 100 y 2,9 por 100 [**Mg** = (2,10 ÷ 2,9 %)]; y de cobre entre 1,20 por 100 y 2,0 [**Cu** = (1,20 ÷ 2,0 %)]; y un máximo de cromo de 0,28 por 100 (**Cr** ≤ 0,28 %). Cuando la aleación EN AW-AlZn5,5MgCu se bonifica,–*solubilización + temple + maduración o envejecimiento*– alcanza una resistencia aproximada de 500 N/mm² [**R** ≈ 500

PROPIEDADES MECÁNICAS SEGÚN EL PROCESO DE ENDURECIMIENTO APLICADO DE ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES ALEACIONES DE ALUMINIO [forja y moldeo].

Norma UNE-EN573-3	Composición química (%)	Tratamiento	R N/mm²	LE N/mm²	A (%)
Aleaciones para forja					
EN AW-Al99,0Cu	99 mín Al; 0,12 Cu	Recocido (**O**) Semiduro (**H14**)	89 124	24 97	25 4
EN AW-Al Mn1Cu	1,2 Mn; 0.12Cu	Recocido (**O**) Semiduro (**H14**)	117 159	34 159	23 17
EN AW-Al Mg2,5	2,5 Mg; 0,25 Cr	Recocido (**O**) Semiduro (**H34**)	193 262	65 26	18 4
EN AW-Al Cu4Mg1	4,4Cu; 1,5Mg; 0,6Mn	Recocido (**O**) Bonificado (**T6**)	220 máx 442 mín	97 máx 345 mín	12 5
EN AW-Al Mg1SiCu	1 Mg; 0,6Si; 0,27Cu; 0,23Cr	Recocido (**O**) Bonificado (**T6**)	152 máx 290 mín	82 máx 241 mín	16 10
EN AW-Al Z5,5MgCu	5,6Zn; 2,5Mg;1,6Cu; 0,23Cr	Recocido (**O**) Bonificado (**T6**)	276 máx 504 mín	141 máx 428 mín	10 8
Aleaciones para moldeo					
EN AC-Al Si5Cu1Mg	5Si; 1,2Cu	Fundición arena (**T6**) Molde permanente (**T6**)	220 mín 285 mín	138 mín	2 1,5
EN AC-Al Si5Cu1Mg	7Si; 0,3Mg	Fundición arena (**T6**) Molde permanente (**T6**)	207 mín 229 mín	138 mín 152 mín	3 3
EN AC-Al Si9Cu3(Fe)	9,5Si; 3Cu	Molde permanente (**T5**)	214 mín		
EN AC-Al Si12Cu1(Fe)	12Si; 1Cu; 1,3Fe	Fundición en coquilla	297	145 mín	2,5

O = Recocido y recristalización; **H14** = Endurecimiento por deformación en frío; **H34** = Endurecimiento por deformación en frío + estabilizado; **T5** = Enfriado desde la temperatura elevada del proceso de conformado + maduración o envejecimiento artificial; **T6** = Tratamiento térmico de solubilización + temple + maduración o envejecimiento artificial.

Utilizaciones típicas de alguna de las aleaciones de aluminio más usuales

- Aleación EN AW-Al990Cu.- Productos laminados.
- Aleación EN AW-Al Mn1Cu.- Recipientes a presión, equipamiento químico y productos laminados.
- Aleación EN AW-Al Mg2,5.- Elementos estructurales para vehículos pesados y para embarcaciones.
- Aleación EN AW-Al Cu4Mg1.- Estructuras de aviones.
- Aleación EN AW-Al Mg1SiCu.- Elementos para automóviles pesados, estructuras para embarcaciones, tuberías.
- Aleación EN AW-Al Z5,5MgCu.- Estructuras para aviones, y estructuras en general.
- Aleación EN AC-Al Si5Cu1Mg.- Cárter y otros elementos estructurales de aviones.
- Aleación EN AC-Al Si5Cu1Mg.- Piezas moldeadas de gran complejidad, ejes portadores de motoras, llantas de rueda para vehículos pesados.
- Aleación EN AC-Al Si9Cu3(Fe).- Pistones para motores de automóviles.
- Aleación EN AC-Al Si12Cu1(Fe).- Piezas moldeadas de gran dificultad.

Tabla IX. Propiedades mecánicas según el proceso de endurecimiento aplicado. Utilizaciones típicas de algunas de las aleaciones más usuales.

N/mm^2]. Su aplicación más generalizada es la construcción de estructuras para aviones. Otras aplicaciones pueden ser aquéllas donde se requiera alta resistencia y dureza en general, así como una buena resistencia a la corrosión.

En la **tabla IX** se presenta un resumen de las propiedades mecánicas, según el proceso de endurecimiento aplicado, de algunas de las principales aleaciones estudiadas; ya que, tanto las aleaciones de aluminio para moldeo como las aleaciones para forja, tienen cada día más una mayor aplicación. Utilizándose extensamente en piezas y componentes que deben ser resistentes y al mismo tiempo ligeros: sectores aeronáutico y espacial, ferrocarriles, automóviles y vehículos pesados, obras y construcciones, etc. En la construcción naval se emplean, ampliamente, determinadas aleaciones de aluminio, por su resistencia a la corrosión marina.

(Continuará)

PRÓXIMO NÚMERO

Número presente en

Cementación a baja presión o gaseosa

14-15 de marzo 2017

CHAMBERY / FRANCIA

Reserve su publicidad:

pedeca@pedeca.es

91 781 77 76

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

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

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

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

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

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

Teléf.: 917 817 776

E-mail: pedeca@pedeca.es

PERFIL PARA SELECCIÓN OPERARIOS TORNERO / FRESADOR

Se selecciona personal para puestos de tornero/fresador en empresa sita en Cartagena (Murcia).

FUNCIONES

- Preparación de máquinas y herramientas.
- Manejo de máquinas herramientas torno convencional y/o fresadora CNC.
- Producción de piezas según plano o instrucciones.

REQUISITOS NECESARIOS

- Experiencia demostrable como operador de máquina herramienta, preferiblemente torno convencional o fresadora CNC.
- Capacidad de interpretación de planos.

REQUISITOS VALORABLES

- Formación académica relacionada al puesto, FPGM Técnico en Mecanizado, FPGM Fabricación Mecánica, FPGS Producción por Mecanizado, etc.
- Conocimientos en programación CNC (Fagor y Heidenhain) y CAD-CAM.
- Conocimientos de equipos mecánicos, dinámicos y estáticos.
- Conocimientos de mantenimiento industrial.
- Carnet de conducir.

SE OFRECE

- Incorporación a empresa en crecimiento.
- Contrato temporal jornada completa.

Interesados enviar currículum a info@jjceldran.com

SE NECESITA

Ingeniero comercial, en dependencia del Director Comercial, es el responsable de dinamizar las ventas de la empresa y seguir los proyectos en curso.

Sus tareas son:

- Diagnosticar las necesidades de los clientes y proponerles soluciones técnicas.
- Elaborar las ofertas comerciales y asegura el seguimiento de las mismas hasta la consecución de la venta y el cobro.

Sus objetivos son:

- Búsqueda, identificación y captación de clientes. Apoyo y consolidación de los agentes y colaboradores externos.
- Cumplimiento de los objetivos anuales fijados.
- Diseño y desarrollo de la estrategia comercial en colaboración con la Dirección Comercial.

Aptitudes y conocimientos deseados

- Formación técnica a nivel de ingeniería o ingeniería técnica.
- Se valorará conocimientos del mercado industrial en tratamiento de superficies.
- Experiencia de al menos 3 años en venta de productos o servicios para la industria, acostumbrado a negociar con ingenierías y fabricantes.
- Disponibilidad para viajar.
- Inglés.
- Profesional con muy buena capacidad de comunicación y orientado a resultados.

Con más de 30 años de experiencia, **SURFAT** se ha convertido en un referente dentro del mercado de máquinas de limpieza y desengrase.

La sede de Surfat se encuentra en Castellbisbal y opera en toda España.

A través de tecnología propia y la de partners ofrecemos la solución de limpieza y desengrase de piezas que más se adapta a la problemática de cada uno de los clientes.

mmuniz@surfat.es

SE OFRECE

- Ingeniero en Organización Industrial experto en Fundición Inyectada y Moldes,
- 25 años de experiencia, tanto en empresas nacionales como internacionales.
- Disponibilidad inmediata en cualquier punto de la península.
- Posibilidad también en el extranjero.

Móvil +34 639 108 251
carlosja1206@gmail.com

SE COMPRA

(de segunda mano)

- Máquinas de moldeo por inyección, 70-150 toneladas. Año de producción: a partir de 2000 en buenas condiciones de trabajo.
- Impresoras 3D, en condiciones de trabajo aunque no lo estén, usadas PA12 POLVO, EOS PA2200, DURAFORM, etc.

R.Bianchi
RB Trading, s.r.o. - Bratislava, Eslovaquia
Tel .: 00421 910 418034
Skype: plasticdealer
web: www.plasticdealer.com

Industrial Engineer in Mechanics & MBA

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

Ref. 12

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

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

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

Ref. 13

Técnico comercial fundición exportación

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

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

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

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

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

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

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

Ref. 10

OPORTUNIDAD TÉCNICO COMERCIAL

Multinacional Herramientas de corte con más de 30 años en el sector del mecanizado.

Precisamos un profesional para incorporase al equipo comercial del norte de España (País Vasco).
Sus funciones serán el asesoramiento y la atención de nuestra cartera de clientes, siendo necesario experiencia práctica en el campo del mecanizado.

Tel.: +34 646 769 970

NECESITAMOS COMERCIAL

Empresa pequeña de fundición inyectada de aleaciones no férreas sita en Madrid, necesita COMERCIAL LIBRE para expansión de la misma.

Se valorará experiencia y cartera comercial.
Posibilidad de entrar en el accionariado de la empresa.

Interesados ponerse en contacto en el
Tl.: +34916094514
o mail.: matricerias_mace@ hotmail.es

Fabricante de hornos industriales selecciona

un delineante proyectista
y un ingeniero eléctrico y de control.
Experiencia dos años.
Madrid

pedeca@pedeca.es

Ref. 15

SE BUSCA ACCIONISTA

Empresa pequeña de fundición inyectada de aleaciones no férreas ubicada en Madrid, BUSCA socio y/o empresa accionista para reflotar y expandir la misma.

Fundición ideal para línea de negocio de piezas de bajo valor añadido y/o línea blanca de piezas.

Interesados contactar en el +34 607 969 405

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

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

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

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

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

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

Flexinox INDUSTRIAL
www.flexinox.com

ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECAMBIOS EN ACEROS REFRACTARIOS

TUBOS RADIANTES
MUFLAS
RETORTAS
UTILLAJES
CESTAS Y CRISOLES
CADENAS

REPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE HORNOS
(OBRAS REFRECTARIAS)

Representante para España de AUBE-LINDBERG

FILINOX, S.A.
C/ Sant Adrià, 76
08030 Barcelona
Tel.: 93 223 26 62
Fax: 93 223 26 67
customer@inoxidables.com

PYRO® CONTROLE
CHAUVIN ARNOUX GROUP
TKK EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., LTD.
SSi SUPER SYSTEMS INC.
HITECH INSTRUMENTS LTD
WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD.
주식회사 위너테크

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

ENTESIS technology
Guitard 72 baixos, E-08014 Barcelona
Tel. (+34) 93 410 54 54, Fax (+34) 93 419 97 33
www.entesis.net · e-mail:info@entesis.net

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

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

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

Interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

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

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

www.interbil.es

ARROLA®
SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

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

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

S. A. METALOGRAFICA
DESDE 1949
TRATAMIENTOS TÉRMICOS

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

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

ACEMSA
Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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

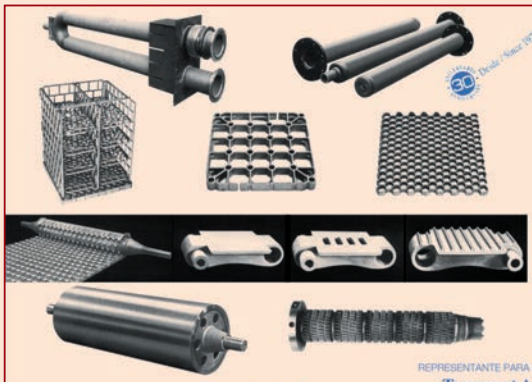
Safe Cronite
L'esprit industriel

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

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

Pometon
Líder en fabricación y desarrollo de granallas y polvos metálicos

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



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

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS GmbH & Co. KG

REPRESENTANTE PARA ESPAÑA Y PORTUGAL
Tecnymat Aceros, S.L.
Polígono Industrial Ugaldeguren 3 - Parcela 17-2, Nave 1
48170 Zamudio (Vizcaya)
Teléf.: 944 710 035 - Fax: 944 710 227
tecnymat@tecnymat.com

Hornos industriales para
el tratamiento térmico

SOLO
Switzerland

www.soloswiss.es

SOLO Swiss
CP 7127 - 2500 Bienne 7 - Suiza

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

Especialistas en Tecnologías del Vacío

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

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

oerlikon
leybold vacuum

Hornos industriales y estufas

Borel Swiss
Rouges-Terres 61 - 2068 Hauterive - Suiza

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

Borel
Special Furnaces
Switzerland

HOT
écnicas en Hornos HOT S.L.

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

AICHELIN
Group
Lohmann
Qualität in Edelstahl
Stop off paints LUISO®

TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.

Polígono Ibaiondo
Pabellón nº 13
20120 Hernani - Spain

e-mail: hot@tecnicashot.com

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

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

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

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

SPECTRO
Driven to Discover

Espectrómetros
para analizar metales

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

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

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

www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

A3TS ..... 10 Y 11
ACEMSA 48
APLITEC 47
ARROLA ..... Contraportada 4
BMI 47
BOREL SWISS 49
DEGUISA 47
EHAFF 15
EMISON 47
ENTESIS 47
FERROFORMA 9
FLEXINOX 47
HEA ..... PORTADA
HORNOS DEL VALLÉS 47
HOT 17
INSERTEC 49
INTERBIL 48
LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS 22
METALMADRID 7
OERLIKON LEYBOLD VACUUM 49
ONDARLAN 5
POMETON 48
PROYCOTECME 47
REVISTAS TÉCNICAS ..... Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 48
SAFE 23
SOLO SWISS 49
SPECTRO 49
SUBCONTRATACIÓN ..... Contraportada 2
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN 49
TECNICAS EN HORNOS HOT 49
TECNYMAT ACEROS 13
WHEELABRATOR 48

Próximo número

FEBRERO

Nº Especial **A3TS** (Chambery) Francia.
Hornos de vacío, de campana, continuos, de temple y de revenido. Refractarios. Útiles para hornos.
Gases especiales. Atmósferas. Quemadores. Medidas. Control no destructivo. Temperatura.
Dureza. Aislamientos. Lubricantes. Fluidos. Medio ambiente.

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

PEDECA *Press* Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

C/ Goya, 20. 1º. • 28001 MADRID • Telf.: 91 781 77 76 • Fax: 91 781 71 26 • pedeca@pedeca.es • www.pedeca.es

PORQUE
LA DIFERENCIA
SE MARCA
DESDE EL PRINCIPIO

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

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

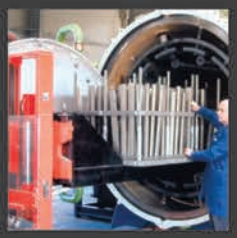
ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

SERVICIO INTEGRAL

PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TERMICO Y GALVANIZADO EN CALIENTE

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



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

publiadk