TRATER Press

NOVIEMBRE 2016 • Nº 55

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

insertec
Hornos y Refractarios

SOLUCIONES PARA EL Tratamiento Térmico

www.insertec.biz

Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.

Avda. Cervantes, 6 - 48970 BASAURI - Vizcaya, Spain
Tel.: + 34 944 409 420 • FAX: + 34 944 496 624
e-mail: insertec@insertec.biz

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

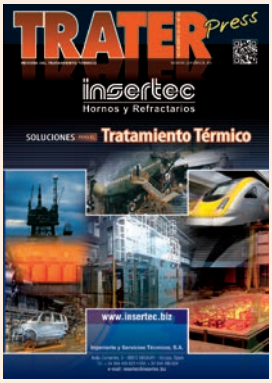
BEC 6-8/6 2017

BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

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

Nuestra Portada



Nuestro programa de fabricación incluye aplicaciones de tratamiento en:
- Metales Férricos y No Férricos.
- Trabajo en Continuo o Intermitente.
- Con o sin Atmósferas Protectoras.
- Con calentamiento Eléctrico o a Gas.

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

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

Sumario • Noviembre 2016 - Nº 55

Editorial 4

Noticias 6

Leybold pasa a formar parte del Grupo Atlas Copco • Extractores de tejado para naves industriales • Tecnología 3D Snapshot con Visionary-T de SICK • SSAB lanza Hardox Hi Temp • Horno de carro de 600 ºF de Grieve.

Artículos
- Los puntos calientes en las acerías y el procesado de metales bajo control 10
- AMETEK Land ofrece Certificación Ukas de serie 12
- StrikoWestofen amplía su unidad de negocio 14
- Aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA): un ejemplo de mejora de propiedades a través de tratamientos térmicos - *Por E. Otero* 16
- GHI suministra una nueva planta llave en mano para Metalogenia 26
- En 2016, MIDEST tiene una cita con el futuro 28
- Los desafíos de la industria, en el foco de subcontratación 32
- Nuevo analizador de metales 33
- Algunas consideraciones sobre el aluminio y sus aleaciones. Tratamiento térmico (Parte 1) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* 34

EMPLEO 45

Guía de compras 47

Indice 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

Varios eventos con gran peso y que últimamente siguen al alza, se suceden este mes con la diferencia de una semana.

Primeramente **MetalMadrid**, que continúa año tras año su crecimiento y que no cesa en ocupar un puesto importante en las Ferias del sector Metalmecánico del país. Se celebra los días 16 y 17 de noviembre, dos días intensos de un ir y venir de visitantes en el recinto ferial de **IFEMA**.

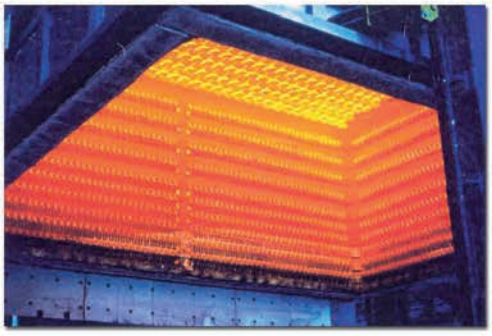
Y una semana después, del 23 al 26 del mismo mes, se celebra **EMAF** en el recinto ferial de Oporto, la Feria del sector de la maquinaría y equipamientos para la industria en el país vecino. Otra cita importante y donde varias empresas de aquí también estarán presentes con stand.

En ambos eventos estaremos presentes con stand para distribuir nuestras revistas y donde podremos saludarnos.

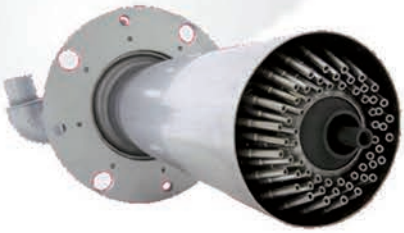
Antonio Pérez de Camino

info@iftabira.org

Hornos
Laboratorio e industriales



Quemadores
recuperativos y regenerativos

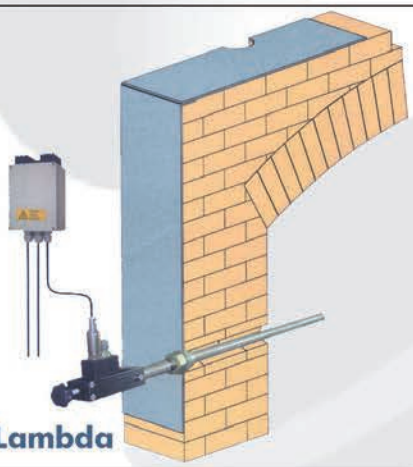


Reguladores de Potencia
a Tyristores:

AEG
Power supply systems

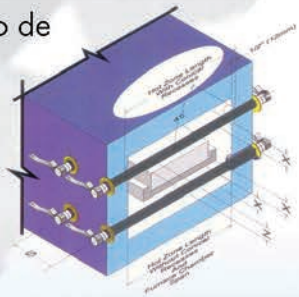
Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic



Sonda Lambda

Carburo de Silicio



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

MoSi2 (Hasta 1800°C)

Interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

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

www.interbil.es

SYSTEM CERTIFICATION ISO 9001:2000 SGS ACREDITADO POR ENAC

Leybold pasa a formar parte del Grupo Atlas Copco

El Grupo Atlas Copco ha completado con éxito la compra del segmento de vacío del Grupo Oerlikon. A partir de este momento, Oerlikon Leybold Vacuum regresará a sus orígenes y adoptará el nombre de Leybold para las diversas entidades legales de la empresa.

Leybold tiene el compromiso de continuar todas las actividades siguiendo el mismo procedimiento fiable. Las personas de contacto seguirán siendo las mismas.

Atlas Copco, nueva sociedad matriz, es un proveedor líder a nivel mundial de soluciones de la productividad sostenible. Los clientes se benefician de sus innovadoras soluciones de vacío, compresores, sistemas de tratamiento del aire, equipamiento de construcción y minería, herramientas eléctricas y sistemas de montajes.

Con más de 43.000 empleados trabajando en más de 180 países y una facturación de más de 10 billones de euros en 2015, Atlas Copco ofrece a Leybold un mayor alcance y un mejor acceso al mercado en nuevos campos de aplicación.

Leybold pasa a formar parte de la División de Soluciones de Vacío de Atlas Copco, situando a Atlas Copco como líder global en el mercado de vacío gracias a la combinación de su fortaleza en tecnología, cobertura de aplicaciones y presencia geográfica.

Info 1

Extractores de tejado para naves industriales

SODECA se ha especializado desde sus orígenes en el diseño y la fabricación de ventiladores para aplicaciones industriales y por eso se sitúa entre los mayores fabricantes de ventilación industrial del mundo.

Los ventiladores de tejado o cubierta, permiten contrarrestar los efectos perjudiciales que se crean cuando las altas temperaturas y la humedad alcanzan valores altos y desagradables para ejercer trabajos o esfuerzos físicos, además ayudan a prolongar la vida de los elementos estructurales de las naves y edificaciones al evitar la condensación y humedades. Un sistema adecuado de ventilación en naves industriales, reducirá considerablemente el gasto de refrigeración y calefacción, siendo éste un sistema adecuado para la eliminación del calor y la humedad de forma fácil, continuada y eficaz.

Los extractores y ventiladores de tejado de SODECA se adaptan a cualquier tipo de tejado y sus diferentes modelos permiten la solución idónea a cada instalación, optimizando así su funcionamiento. Con su instalación, ofrecen un ambiente de confort reduciendo el calor, proporcionan sensación de bienestar y reducen la contaminación en las naves industriales.

Info 2

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 gene-

CÁMARA DE VACÍO

AUTOCLAVE DE TEMPERATURA, VACÍO Y PRESIÓN

HEA
SINCE 1945

HORNOS ALFERIEFF

www.alferieff.com • hea@hornoshea.com

ra 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 3

SSAB lanza Hardox Hi Temp

La familia de aceros Hardox, una de las líneas más conocidas a nivel mundial de SSAB, presenta su última novedad, Hardox Hi Temp. Una nueva chapa antidesgaste que soporta condiciones abrasivas en entornos de muchísimo calor y aumenta la vida útil a altísimas temperaturas.

Conocido en todos los sectores industriales desde hace más de 40 años, Hardox mejora la productividad y prolonga la vida útil donde el acero se encuentra con materiales abrasivos. Un acero que, a lo largo de los años, SSAB ha desarrollado sin descanso para alcanzar nuevos niveles de dureza y tenacidad.

La compañía encontraba un desafío en aquellas situaciones de desgaste, ya que los aceros tradicionales resistentes al desgaste templado y revenidos, sufrían una pérdida de dureza a temperaturas elevadas, entre los 300-500 °C.

Hasta ahora, SSAB recomendaba para estas situaciones la marca Toolox, por su elevada resistencia al desgaste conservando su dureza original y la estabilidad en la forma a temperaturas altas. Toolox está pensado para aplicaciones de mecanización como formar latón fundido, aluminio y cristal.

Info 4

Horno de carro de 600 °F de Grieve

Nu. 936 es un horno de carro de 600 °F (316 °C) fabricado por Grieve, que actualmente se utiliza para el tratamiento de piezas en las instalaciones del cliente. dimensiones del espacio de trabajo de este horno miden 36" de ancho, 36"de profundo y 60" de alto. Un quemador de gas natural de 24 kW es instalado en elementos de calefacción de alambre Nichrome, mientras que un ventilador de recirculación de 1500 CFM, 1-1/2 HP, proporciona

flujo de aire horizontal a la carga de trabajo.

Este horno de carro de Grieve tiene paredes aisladas de 5" de grosor, cámara de calor de montaje superior, acabado de acero inoxidable Tipo 304 2B en el interior.

El horno también incluye un exterior de acero inoxidable con acabado cepillado #4, cerradura de puerta operada con solenoide y equipamiento de seguridad para el manejo de solventes inflamables, incluyendo la ferretería de la puerta que ventila la explosión. También incluye un ventilador forzado de 325 CFM, además de amortiguadores motorizados en la entrada y el escape para acelerar el enfriamiento.

Controles en el Nu. 936 incluyen un controlador de temperatura digital de programación y un controlador de potencia SCR.

Info 5

Fabricante de hornos industriales selecciona
un delineante proyectista y un ingeniero eléctrico y de control.
Experiencia dos años.
Madrid
pedeca@pedeca.es
Ref. 15

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

Los puntos calientes en las acerías y el procesado de metales bajo control

Fluke Process Instruments provee soluciones de control de temperatura por infrarrojos adaptadas a los procesos primarios y secundarios de la fabricación de metales.

La nueva serie Endurance, destinada para su uso en aplicaciones de alta temperatura, cubre una amplia gama de temperaturas que va desde los 550 hasta los 1.800 °C y desde los 1.000 hasta los 3.200 °C, según modelo. Los pirómetros poseen una carcasa IP65 de acero inoxidable y están aislados I/Os galvánicamente.

Pueden funcionar en modo de uno o dos colores (pirómetro ratio). Su resolución de hasta 150:1 permite realizar mediciones de pequeños objetos a distancia.

Los sensores están diseñados para una configuración y funcionamiento cómodos, y tienen una intuitiva interface de usuario en el panel posterior y un servidor web integrado para el registro de datos, la trazabilidad y la solución de problemas del proceso.

Las opciones de mira se han ampliado para incluir una cámara de video integrada de alta resolución, para el seguimiento a distancia de la aplicación y de la alineación del sensor a través de la red Ethernet de la empresa. Además de la mira láser que marca la posición o el tamaño del punto de medición, ahora también está disponible la mira LED que proyecta el tamaño real del punto sobre el objeto. Cuando la lente está sucia, una señal de alarma avisa de la necesidad de limpiarla, ahorrando así tiempo de mantenimiento regular.

Entre los accesorios está disponible un collar de purga de aire. Los robustos sensores funcionan de manera fiable a temperaturas ambiente de hasta 65 °C, o hasta 315 °C mediante accesorios de refrigeración. El fabricante ofrece la garantía de 4 años.

metalmadrid `16

ROBOMATICA

COMPOSITE SPAIN

IX FERIA INDUSTRIAL de la COMUNIDAD DE MADRID

REGISTRO ONLINE

GRATUITO

PARA EMPRESAS Y PROFESIONALES

MIRANDO AL FUTURO 2016

16 Y 17 NOV. PABELLON 4

en Feria de Madrid

Patrocinan

Hoffmann Group — Tools to make you better

TRUMPF

LUBRICANTS. TECHNOLOGY. PEOPLE. FUCHS

SCHUNK

Colaboran

AIRBUS Talgo Gestamp

Comunidad de Madrid

¡MADRID!

Organiza

grupo metalia

WWW.METALMADRID.COM

WWW.COMPOSITESPAIN.COM · WWW.ROBOMATICA.ES

AMETEK Land ofrece Certificación Ukas de serie

AMETEK Land, especialista en medida de temperatura sin contacto, anuncia que a los compradores del termómetro portátil Cyclops C100L, les incluirá de forma gratuita un Certificado UKAS.

El Certificado UKAS se emitirá en tres puntos especificados por AMETEK Land: 650, 1.200 y 1.450 °C, que se han seleccionado basándose en los puntos más comunes solicitados para los clientes y en la amplia experiencia del laboratorio de certificación de los últimos 40 años.

Cada termómetro se suministrará con un Certificado UKAS individual relacionado con el número de serie del equipo.

Richard Gagg, Global Product Manager IR de AMETEK Land dijo: "Es la primera vez que hemos proporcionado certificación con un producto nuevo como estándar y sin costo adicional. Las empresas que eligen nuestro termómetro portátil Cyclops C100L certificado UKAS tendrán un equipo con trazabilidad completa, reduciendo riesgos para su negocio y asegurándose tranquilidad. Cuando se trabaja con temperaturas extremas que se basan en medidas precisas, tener equipos que estén certificados UKAS es esencial para mantener los más altos estándares de calidad".

Todos los nuevos pedidos del conjunto de modelos, también se suministrarán con una funda de protección para altas temperaturas sin cargo. Proporciona protección contra el calor excesivo y polvo, y se utiliza ampliamente en las industrias del acero y fundición.

La Certificación UKAS asegura que el sistema de medida de temperatura ofrece el mejor rendimiento operativo, mejora la precisión de las capacidades de medida del cliente y cumple las normas de calidad nacionales e internacionales.

El laboratorio de AMETEK Land en Inglaterra está certificado con la norma internacional ISO/IEC 17025:2005 y por el organismo nacional de Inglaterra UKAS para ofrecer un servicio integral de certificado de trazabilidad en termómetros infrarrojos, cámaras termográficas, escáneres y fuentes de cuerpo negro en un rango de -10 °C a 2.500 °C.

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!

StrikoWestofen amplía su unidad de negocio

El Grupo StrikoWestofen (Gummersbach, Alemania) ya está ofreciendo a sus clientes de piezas de fundición de aluminio, sistemas y productos para el tratamiento térmico. En particular para componentes estructurales. Esto es posible gracias a la reciente incorporación de los empleados de BPR-Engineering GmbH de Rheda-Wiedenbruck. Los 20 años de experiencia del fundador de la compañía Frank Herkenräder y su equipo, forman la base de la nueva unidad de negocio de StrikoWestofen "Tratamiento térmico". Así es como el fabricante mundial en el campo de los hornos de fusión y de dosificación para la industria del metal ligero, está reaccionando a la tendencia creciente hacia la optimización de las propiedades mecánicas mediante tratamiento térmico.

Recientemente, el tratamiento térmico de piezas de fundición de aluminio ya es una de las competencias básicas de StrikoWestofen. La incorporación desde el mes de Mayo de los empleados de la empresa de Westfalia BPR-Ingeniería, ha permitido que el know-how de 20 años en este campo también fuese adquirido. "El acuerdo con los empleados fue menos una toma de posesión, en el sentido clásico, y más una adquisición de know-how", explica Rudi Riedel, director general del Grupo StrikoWestofen. Con su know-how, los 18 nuevos empleados en esta unidad de negocio cubren toda la gama, desde el desarrollo y la proyección de hardware y software, hasta la puesta en marcha y la aprobación de los sistemas.

Hecha a medida para satisfacer las necesidades del cliente

La nueva unidad de negocio de tratamiento térmico persigue un enfoque global: hornos, sistemas de enfriamiento y transporte de productos, no son sólo vistos como componentes individuales de un sistema, sino como una concepción global. Esto permite grandes ahorros de costes debido a la mejor coordinación de los procesos. Además, las piezas tratadas son menos susceptibles a las deformaciones, lo que reduce el trabajo de alineación necesario. "Esto ahorra dinero en efectivo también", señala Frank Herkenräder, jefe de la nueva unidad de negocio de tratamiento térmico. "Para uno de nuestros clientes, se ha optimizado el trabajo necesario de alineación en más del 80 por ciento. Esto significa un ahorro de aprox. 3 millones de euros en dos años ".

Los sistemas disponibles cubren todas las fases del proceso de tratamiento térmico. En sistemas de

hornos continuos de cuatro plantas, donde hasta tres tipos diferentes de piezas fundidas pueden ser tratadas térmicamente al mismo tiempo.

El sistema modular también permite la adaptación flexible a las necesidades del cliente en cada caso. Lo mismo es ampliable para los sistemas de hornos de cámara, que son especialmente adecuados para el tratamiento térmico de un número menor de piezas o de cambios frecuentes del tipo de piezas.

Se componen de 4 a 22 hornos, cada uno de los cuales puede ejecutar un programa propio en paralelo. Además, StrikoWestofen es pionero en la tecnología en materia de sistemas de enfriamiento combinados, aire-agua, especialmente para las piezas de fundición de alta calidad.

Dando soporte de productos adaptados a sus componentes y fabricado en una aleación de acero inoxidable especial resistente al calor. Todo esto completa la oferta.

He aquí cómo Riedel resume la situación: "Era un paso lógico que nos ha permitido ampliar nuestras competencias básicas, mediante la adición de la unidad de negocio de tratamiento térmico. Al hacer-

se cargo de Frank Herkenräder y su equipo, hemos encontrado una compañía que comparte nuestra filosofía. En el futuro, también, nuestra misión será la de ofrecer hornos técnicamente más perfectos, más sostenibles y más económicos del mercado ".

Aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA): un ejemplo de mejora de propiedades a través de tratamientos térmicos

Por E. Otero. Catedrático de la URJC

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la ciencia e ingeniería de materiales ha evolucionado enormemente con el desarrollo de materiales cada vez más singulares y cuyas propiedades tratan de adaptarse, específicamente, a las necesidades de cada uno de los sectores de la industria. Uno de los materiales más versátiles debido a su relativamente fácil fabricación, manejo y precio, es el acero. Según datos estadísticos de la revista "Steel World", el acero es el material más consumido a nivel mundial. En el mundo se producen alrededor de 1.500 millones de toneladas, el doble que en el año 1980, sólo la Unión Europea consume unas 20.000 toneladas de acero al año.

La atención de los investigadores en las últimas décadas está dirigida a la búsqueda del "material perfecto" que aporte propiedades de alta resistencia mecánica y a la fatiga, ductilidad, soldabilidad y elevada resistencia a la corrosión, junto con una razonable conformabilidad. Esta tarea se da especialmente en la industria del transporte, en la que, en los últimos años, se han puesto en marcha políticas encaminadas a disminuir el peso del vehículo, lo que se refleja en un menor consumo de combustible y, en consecuencia, en un mayor respeto por el medio ambiente, y a una mejora de las condiciones de seguridad de los pasajeros frente al riesgo de accidentes.

La investigación, el desarrollo, y la consiguiente incorporación de nuevos materiales más ligeros, que aporten prestaciones mecánicas superiores a los de uso convencional, permite llevar a cabo, por una parte, la reducción de espesores de los diferentes componentes metálicos de un automóvil, como por ejemplo, montantes, taloneras, refuerzos laterales, etc., y por otra, un aumento de la resistencia al impacto de los mismos, mediante el empleo de materiales con un alto grado de endurecimiento por deformación, lo que mejora las condiciones de seguridad en caso de choque. La seguridad junto con la reducción de peso que se alcanza comparativamente con la utilización del acero al carbono convencional, han resultado factores clave para el desarrollo de los aceros genéricamente conocidos como HSLA (aceros de baja aleación y alta resistencia), aceros que resultan competitivos por su relación prestaciones/precio a la hora de fabricar determinados componentes, respecto a materiales metálicos ligeros como el aluminio o el magnesio, y frente otros no metálicos, como los materiales compuestos de matriz polimérica. Por otra parte, simplemente con sustituir el acero suave por acero avanzado de alta resistencia en una plataforma de un camión, se reducirían las emisiones de carbono en ocho toneladas. Estamos hablando de sostenibilidad medioambiental.

2. ACEROS HSLA

La figura 1 muestra las alternativas tradicionales para lograr mejoras en la resistencia de los aceros al carbono:

Figura 1: Alternativas para mejorar la resistencia de los aceros.

La primera alternativa reduce la tenacidad, la conformabilidad, la soldabilidad y la resistencia a la corrosión del acero. La segunda, fundamentalmente, aumenta su precio. El desarrollo de los aceros HSLA (high strength low alloy) se remonta a los años 1960-70 y aporta una nueva posibilidad para lograr mejorar conjuntamente todas esas propiedades con precios moderados (figura 2).

Figura 2: Esquema de los aceros HSLA.

Estos nuevos materiales pueden definirse como aceros de muy bajo contenido en carbono con elementos en solución sólida, fundamentalmente manganeso y silicio, y que incorporan pequeñas adiciones, habitualmente inferiores al 0,1% en peso, de microaleantes como vanadio, niobio, titanio, aluminio o nitrógeno, diferentes a los habituales en los aceros bonificados tradicionales (cromo, molibdeno y níquel). Estos materiales alcanzan las adecuadas características mecánicas de resistencia y tenacidad a través de mecanismos de endurecimiento por solución sólida y de endurecimiento por precipitación de carburos, nitruros y/o carbonitruros complejos de los elementos microaleantes o por mecanismos de endurecimiento por deformación.

Además, los citados precipitados ayudan a controlar el tamaño de grano, por lo que influyen de manera determinante en los procesos de restauración y recristalización que tienen lugar durante la conformación. Los valores finales de resistencia y tenacidad de estos aceros dependerán de su composición y fundamentalmente, del proceso termomecánico (temperatura de conformado, velocidades y grado de deformación y velocidades de enfriamiento) a que sean sometidos.

Estos materiales presentan, en general, propiedades de resistencia y tenacidad, conformabilidad, soldabilidad y comportamiento a corrosión mejores que las correspondientes a los aceros al carbono convencionales empleados en la industria de automoción.

3. ACEROS HSLA MÁS EMPLEADOS ACTUALMENTE EN LA INDUSTRIA DE AUTOMOCIÓN

Los aceros de última generación, utilizados actualmente en el sector de automóvil se definen como de alta resistencia HSS (High - Strength Steels), los cuales poseen límites elásticos comprendidos entre 210 y 550 MPa y con una tensión de rotura de entre 270 y 700 MPa. Otros aceros con límites elásticos mayores de 550 MPa y con tensiones de rotura mayores de 700 MPa, son los llamados aceros avanzados de alta resistencia AHSS (Advanced High Strength Steels). En la figura 3 se muestran diferentes tipos y características en cuanto a relación límite elástico-elongación, para varios de estos aceros, incluyendo los HSLA convencionales.

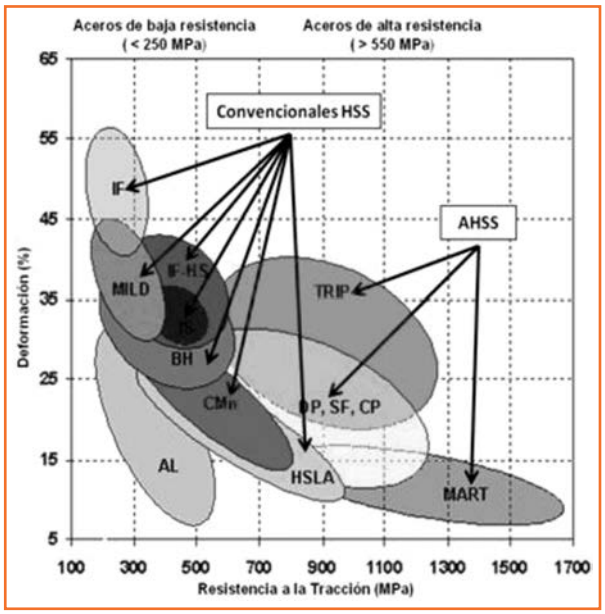


Figura 3: Valores típicos de resistencia y ductilidad de diversos tipos de aceros utilizados en la industria automotriz (Fuente: International Iron and steel institute).

La principal diferencia entre los aceros convencionales HSS y los avanzados AHSS, (a los que nos referiremos fundamentalmente en la presente conferencia), es su microestructura. Los HSS son monofásicos, con una estructura ferrítica, mientras que los AHSS presentan múltiples fases, de manera que pueden contener ferrita, martensita, bainita, y/o austenita retenida en cantidades diferentes para lograr distintas propiedades mecánicas.

En la tabla I se muestran varias calidades de aceros avanzados de alta resistencia, y se observa como la

Steel Grade	YS (MPa)	UTS (MPa)	Tot. EL(%)
HSLA 350/450	350	450	23-27
DP 300/500	300	500	30-34
DP 350/600	350	600_	24-30
TR IP 450/800	450	800	26-32
DP 500/800	500	800	14-20
CP 700/800	700	800	10-15
DP 700/1000	700	1000	12-17
MS 1250/1520	1250	1520	4-6

Tabla 1: Propiedades Mecánicas de aceros de alta resistencia. (Fuente: International Iron and Steel institut).

nomenclatura comienza con el tipo de acero, seguido del límite elástico y la tensión de rotura.

Dentro de este grupo genérico de aceros AHSS se diferencian distintos tipos. Entre los más relevantes están:

- Dual Phase (DP).
- ComplexPhae (CP).
- Transformation-InducedPlasticity (TRIP).
- Martensitic (MS).
- Fenitic-Bainitic (FB).
- Twinning-InducedPlasticity (TWIP).

4. CARACTERÍSTICAS METALÚRGICAS DE LOS ACEROS AHSS

Dual Phase (DP)

Estos aceros poseen una matriz ferrítica con islotes de martensita. Se pueden obtener diferentes valores de resistencia según la cantidad de martensita presente. La fabricación de estos aceros exige un alto control en el enfriamiento desde la fase austenítíica, para posteriormente transformar ésta en martensita. Dependiendo del proceso de fabricación puede aparecer también algo de bainita. La figura 4 muestra esquemáticamente la microestructura de estos aceros.

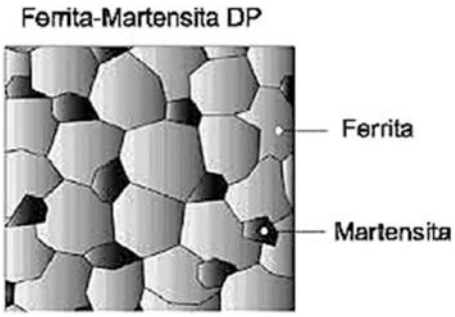


Figura 4: Esquema de la microestructura de un acero DP con islas de martensita en la matriz ferrítica.

El porcentaje de fases varía según la temperatura de austenización a la que se inicia el temple. Según muestra la figura 5, a 800 °C por ejemplo, se logra una estructura con poca ferrita y mucha martensita, pero a medida que la temperatura de inicio del temple baja, de acuerdo con la regla de la palanca, el porcentaje de ferrita aumenta y el de martensita procedente de la austenita en equilibrio antes del temple, disminuye. Así, a 775 °C se lograría una estructura con cantidades similares de ferrita y martensita, y enfriando desde 750 °C la microestructura obtenida presentaría mayor cantidad de ferrita que de martensita. La figura 6 corresponde a una imagen obtenida al SEM mostrando ambas fases (ferrita y martensita) después de un tratamiento de austenización a 750 °C y temple en agua.

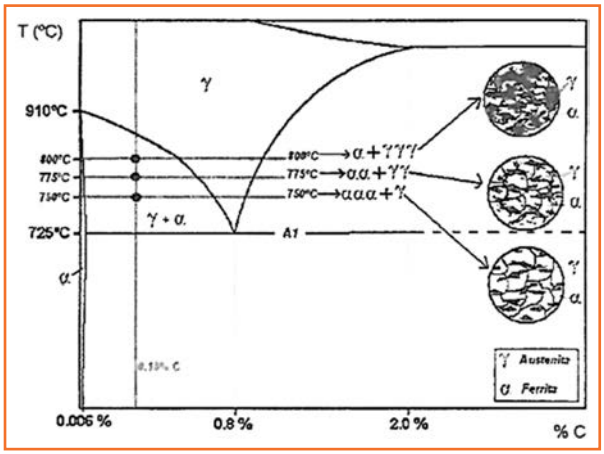


Figura 5: Evolución de la proporción de fases en función de la temperatura de asutenización.

Siendo la martensita la fase más dura, al aumentar la proporción de ésta, aumenta también la resistencia del material bifásico. Desafortunadamente, al crecer el contenido de martensita se reduce la ductilidad, por esta razón se determina que la fracción volumétrica de martensita esté normalmente comprendida entre un 10 y un 20%.

Para mantener las propiedades de ductilidad en este tipo de aceros, es necesario también restringir los contenidos de carbono en esta fase. Si el contenido de carbono es bajo, se forma lo que se conoce como "martensita de bajo carbono", interesante porque presenta menor fragilidad que las martensitas más ricas en este elemento. Por esta razón, en los aceros bifásicos regularmente se limita el con-

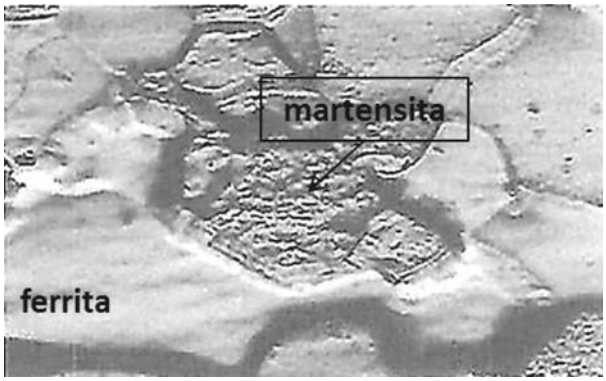


Figura 6: Ferrita y martensita obtenidas por tratamiento de austenización a 750 °C y temple en agua.

tenido de carbono al 0,1% en peso como máximo. Para las composiciones típicas se obtienen contenidos en martensita del orden del 15% en volumen y resistencia a la tracción del material comprendida entre 550 y 650 MPa. Contenidos mayores de martensita permitirían mejorar estos valores de resistencia, pero a costa de perdida de ductilidad como muestra la figura 7.

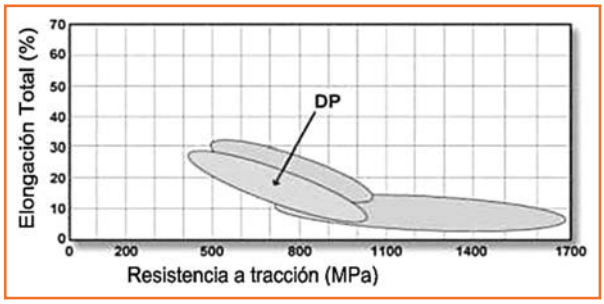


Figura 7: Esquema de los aceros DP.

En estos aceros, elementos como el manganeso, cromo, molibdeno, vanadio o níquel ayudan a la formación de la martensita porque aumentan la templabilidad.

La temperatura de inicio de temple influye también en la cantidad de carbono presente en solución sólida intersticial de carbono en la austenita en equilibrio con la ferrita. A medida que la temperatura es más baja, el contenido en carbono crece, y cuando la austenita transforma por temple a martensita, ésta presentará también mayor por-

centaje de carbono, dando lugar a martensitas menos dúctiles.

La figura 8 ofrece dos imágenes de la superficie de fractura de un acero con buen nivel de templabilidad. La a) muestra la probeta del acero templado desde una temperatura de 760 °C, y la b) del acero templado desde una temperatura de 920 °C, es decir con porcentajes de martensita cercanos al 100%. Nótese cómo la probeta a) presenta una fractura dúctil y la b) una fractura notablemente frágil, debido a la alta proporción de martensita.

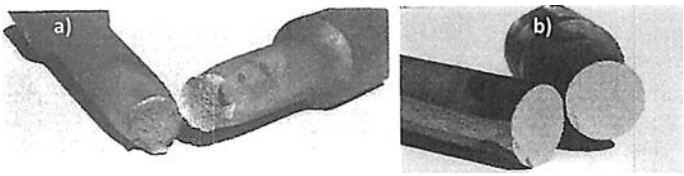


Figura 8: Aspecto de la superficie de fractura de un acero templado desde diferentes temperaturas. a) fractura dúctil. b) fractura frágil.

Otro factor determinante en estos aceros es el control del tamaño de grano austenítico en la etapa de austenización, puesto que el tamaño de grano y su homogeneidad al inicio de la transformación determina el tamaño y la homogeneidad del grano en la microestructura final, y estos parámetros influyen de manera importante en las propiedades de resistencia y tenacidad del material. La presencia de precipitados estables de los elementos microaleantes, además de aumentar la resistencia del material a través de un mecanismo de anclaje de dislocaciones, dificultan la migración de los límites de grano y controlan su crecimiento, facilitando la formación de microestructuras de tamaño de grano fino y homogéneo, lo que contribuye a lograr mejores propiedades mecánicas. La figura 9 muestra cómo carburos de Nb (NbC) anclan el límite de grano de un acero que incorpora Nb en su composición (a) y el efecto de estos precipitados anclando dislocaciones y

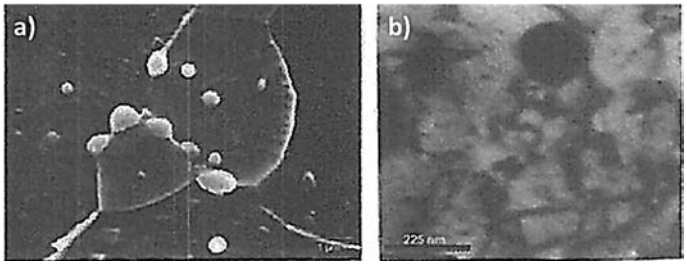


Figura 9: (a) Precipitado de NbC en el límite de grano (b)efecto de estos precipitados anclando dislocaciones.

limitando su movimiento (b). El tipo y la proporción de elementos aleantes, que determina el tipo y cantidad de los precipitados, y el control de las condiciones de austenización, en cuanto a temperatura y tiempo, que influyen en su estabilidad, son por tanto, factores importantes a la hora de lograr un material con las características mecánicas deseadas.

Martensitic (MS)

En estos aceros se transforma la mayoría de la matriz en martensita durante el proceso de templado, apareciendo también en la micro estructura final pequeñas cantidades de bainita y ferrita. Como se observa en la figura 10, son los que presentan mayor resistencia mecánica, alcanzando valores de hasta incluso 1.700 MPa. Es frecuente someterles a un postcalentamiento para reducir su fragilidad.

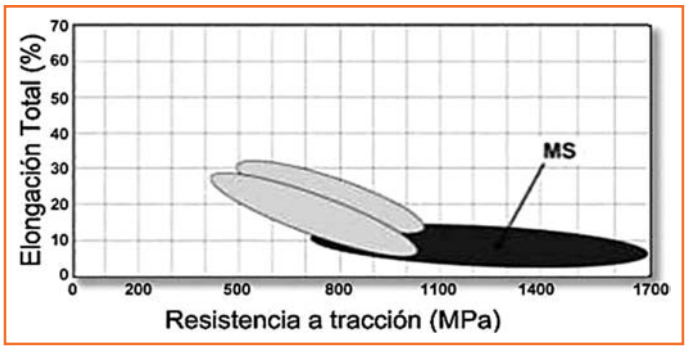


Figura 10: Esquema de los aceros MS.

Ferritic-Bainitic (FB)

Estos aceros presentan cierta ductilidad y, en consecuencia, una buena capacidad de elongación (figura 11). Su microestructura es de tipo ferrítica y bainítica. Esta última, junto con una morfología de grano fino, son los factores encargados de suministrar a

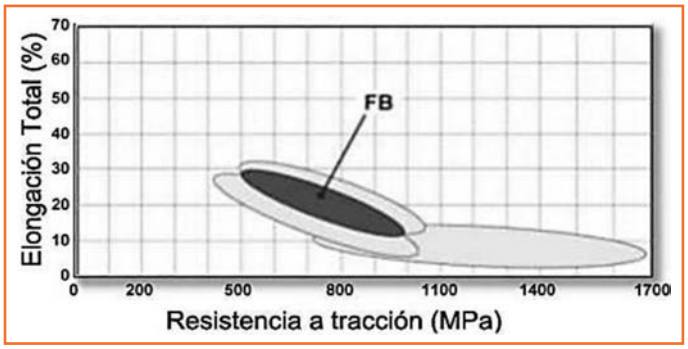


Figura 11: Esquema de los aceros FB.

estos aceros una mayor resistencia mecánica. Su ventaja respecto a otras familias es su gran capacidad para la conformación de bordes. También poseen buena soldabilidad y alta resistencia a la fatiga.

Complex Phase (CP)

Estos aceros presentan una alta resistencia a tracción, aunque son algo menos dúctiles que los FB, como se muestra en la figura 12. La microestructura es compleja, consta de pequeñas cantidades de martensita, austenita retenida y perlita en una matriz de ferrita y bainita, y presentan un tamaño de grano extraordinariamente fino que se logra por deformación en frío y posterior recristalización a temperatura controlada, estando el tamaño de grano limitado, en gran medida, por la presencia de precipitados constituidos fundamentalmente por carburos de los elementos microaleantes.

En comparación con los Dual Phase, los Complex Phase poseen un mayor límite elástico aunque la tensión de rotura es similar en ambas familias. Estos aceros presentan una alta capacidad de absorción de energía durante el impacto, como consecuencia de su elevada capacidad de deformación residual.

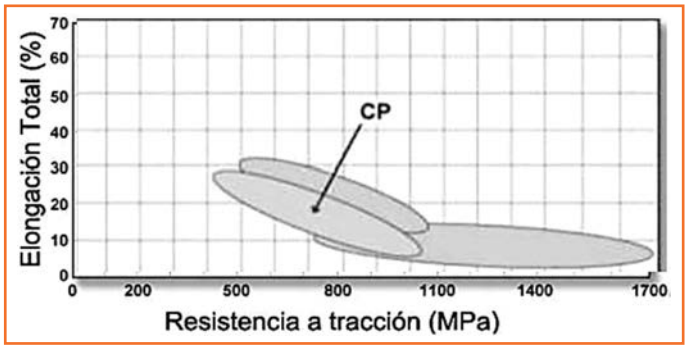


Figura 12: Esquema de los aceros CP.

Transformación-Induced Plasticity (TRIP)

Como se muestra esquemáticamente en la figura 13, la microestructura de los aceros TRIP es, en

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

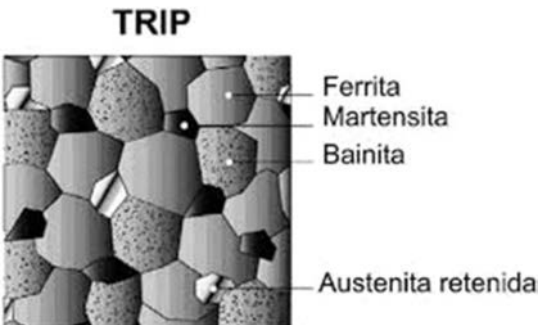


Figura 13: Esquema de la microestructura de un acero TRIP con islas de martensita y bainita en la matriz ferrítica.

gran medida, similar a la de los CP, estando en este caso constituida por granos de ferrita y bainita y otros de menor tamaño de martensita y austenita retenida. La presencia de martensita y bainita, proporciona a estos aceros alta resistencia. Poseen una cantidad mínima del 5% en volumen de austenita retenida, con el fin de mejorar los valores de tenacidad.

Durante la deformación, la aparición de una fase dura (bainita y/o martensita) entorno a la ferrita propicia un endurecimiento por deformación como el observado en los DP. Sin embargo, en los TRIP la austenita retenida también se transforma progresivamente en martensita con el aumento de la tensión y la consiguiente deformación, con lo cual aumenta aún más la dureza consiguiendo niveles más altos que los DP. En los TRIP también interviene la velocidad de deformación, lográndose mayores niveles de endurecimiento a medida que aumenta ésta, factor muy importante para las propiedades que afectan a la resistencia al impacto.

El nivel de austenita retenida que se transforma en martensita inducida por deformación y, por tanto, la capacidad de endurecimiento por deformación, depende del contenido de carbono del acero. Al comenzar la deformación se inicia la transformación austenita retenida ->martensita, acelerándose esta transformación y, en consecuencia, aumentando los valores de resistencia del material, a media que aumenta la deformación, lo que concede a estos aceros gran capacidad de absorción al impacto. A bajos niveles de carbono, la austenita retenida empezará a transformarse inmediatamente bajo deformación. Para contenidos más altos de carbono, la austenita retenida es más estable, experimentando la transformación a martensita a niveles de esfuerzo mayores.

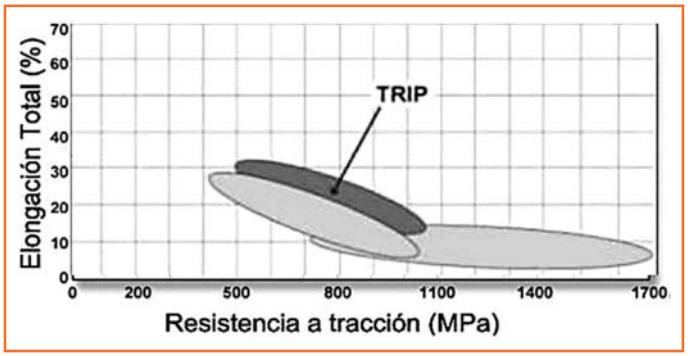


Figura 14: Esquema de los aceros TRIP.

La figura 14 refleja la relación resistencia a la tracción-elongación para estos aceros, que presentan una resistencia similar a los CP con niveles algo mayores de plasticidad.

Twinning-Induced Plasticity (TWIP)

La característica más destacada de estos aceros es su alto contenido en manganeso, elemento ganmágeno fuerte estabilizador de la austenita, lo que permite que sean completamente austeníticos a temperatura ambiente.

Como refleja la figura 15, presentan altos niveles de plasticidad como corresponde a una estructura cristalina rica en planos de deslizamiento, combinando una buena resistencia con una alta confortabilidad como se observa en la figura 16, que muestra microestructuras de un acero TWIP con niveles de deformación que van del 0,5 al 78%. Algunos de los aleantes típicos presentes en esta familia de aceros son el aluminio, el silicio y el nitrógeno. Una de las ventajas de estos aceros es la buena capacidad para mantener sus propiedades a temperaturas criogénicas, lo que les abre un amplio abanico de aplicaciones al margen de la industria de automoción.

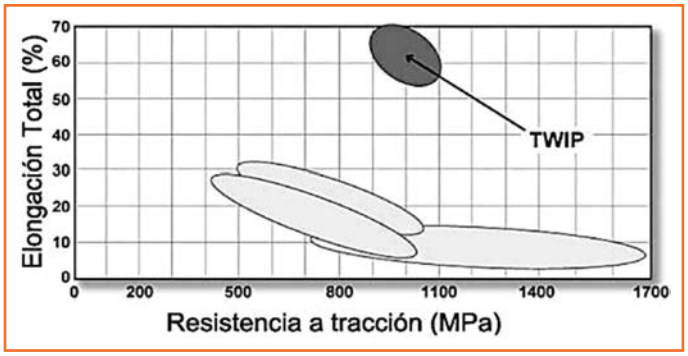


Figura 15: Esquema de los aceros TWIP.

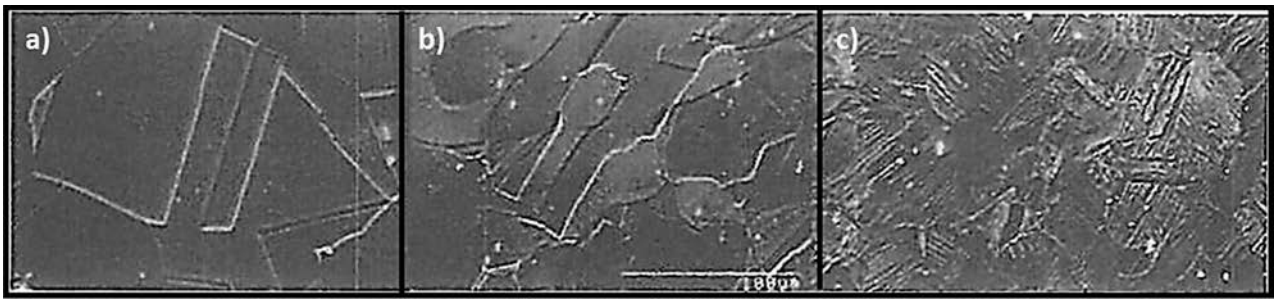


Figura 16: Microestructuras de un acero TWIP con niveles de deformación comprendidos entre a) 0,5% y c) 78%.

5. EMPLEO DE ACEROS HSLA EN LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL

Los vehículos anteriores a 1985 eran construidos con materiales que contenían una gran cantidad de acero al carbono para tratar de hacerlos más resistentes a los choques, pero, a su vez, eran vehículos muy pesados, gastaban más combustible y además la fuerza del impacto cuando se producía un choque no era absorbida por la estructura, sino transmitida a los ocupantes. A partir de 1985 los fabricantes empiezan a incorporar tanto al chasis como a la carrocería nuevos materiales basados en aceros HSLA, que permiten una mejor resistencia al impacto, son más livianos lo que permite un menor consumo de combustible y absorben mucho mejor la fuerza del choque. Para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo, los fabricantes han tratado de crear una especie de jaula de protección para que el impacto afecte a los pasajeros lo menos posible, lo cual tiene, sin duda, gran interés.

Sin embargo, es necesario comentar que esto ha generado mayores inconvenientes para los grupos de rescate en el momento de realizar procedimientos

de corte, separación o expansión para tratar de sacar a los ocupantes del vehículo, ya que van a encontrar materiales más resistentes y que, por tanto, ofrecen más dificultades a la hora de poder trabajar con sus herramientas hidráulicas.

La figura 17 muestra un esquema de un vehículo moderno, donde las partes de color amarillo representan los lugares donde los fabricantes han reforzado el chasis y la carrocería con este tipo de aceros.

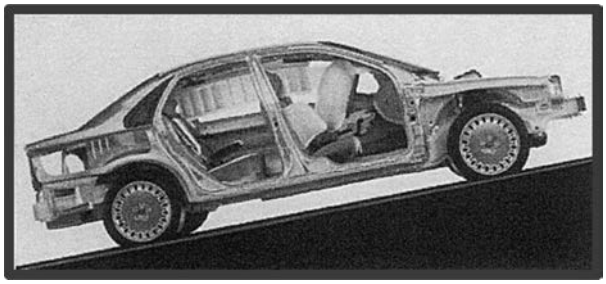


Figura 17: Las partes de color amarillo representan las zonas reforzadas con aceros HSLA.

Estos nuevos materiales se localizan principalmente en toda la parte frontal y trasera del chasis, y su función principal es absorber la energía del impacto de una posible colisión y evitar que esa energía sea transferida al compartimento de los pasajeros y, por lo tanto, a los ocupantes del vehículo.

Con la presencia de estos aceros en las zonas laterales del chasis (figura 18) también se incrementa la resistencia al desplazamiento del material (arrugamiento), lo que incrementa de forma considerable la posibilidad de supervivencia de los ocupantes tras un choque frontal.

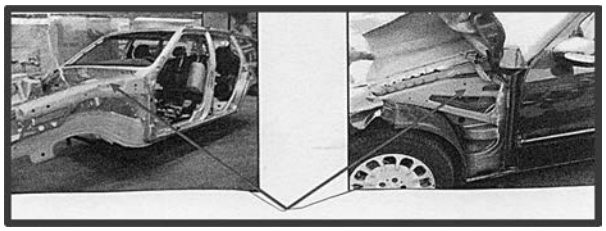


Figura 18: Acero HSLA en Zona de arrugamiento.

La figura 19 muestra como toda la energía del impacto en el vehículo (a) ha sido absorbida por esas zonas, y la cabina prácticamente no ha sufrido daños, mientras que en el vehículo (b), en el que no se han incorporado estos materiales, cuando

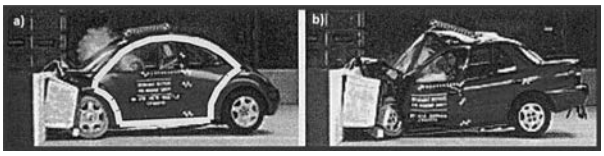


Figura 19: Diferencia de energía absorbida en el impacto en vehículos a) reforzados con aceros HSLA y b) sin ese refuerzo.

tiene lugar el impacto a la misma velocidad, el compartimento del conductor se destruye casi completamente, disminuyendo la probabilidad de supervivencia de los ocupantes de los asientos delanteros.

En la figura 20 (a) y (b) se observan las diferencias internas de los postes entre un vehículo fabricado en 1990 (a) y otro de la misma marca puesto en el mercado en 2010 (b).

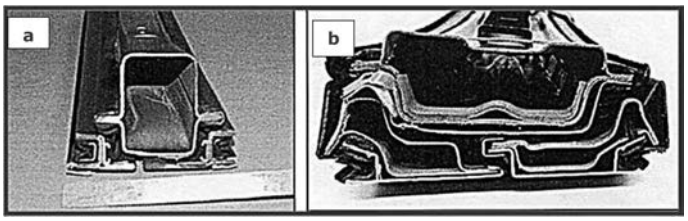


Figura 20: Diferencias internas de los postes en función del año de fabricación a) 1990 b) 2010.

El tamaño del poste se ha incrementado, se agregan cuatro ocinco capas de aceros HSLA de diferente composición y propiedades, y se modifica la forma. Con todo ello se logra aportar mayor resistencia y capacidad de absorción de la energía de impacto.

Figura 21: Diferentes partes del vehículo donde se emplean aceros microaleados.

Los aceros microaleados se incorporan también, como se muestra en la figura 21, en los refuerzos del tablero (a), en las barras laterales de las puertas (b), y en los refuerzos del techo para reducir el riesgo de los viajeros cuando el vehículo vuelca (c), aunque la localización de los diferentes refuerzos fabricados con este tipo de materiales es variable y, en general, depende del diseño del fabricante.

La imagen d) muestra la presencia de distintos aceros HSLA, diferenciándolos con distintos colores, en refuerzos laterales y en el techo de un automóvil de última generación.

Ponencia presentada en el XIV Congreso Tratermat de O Porriño (Septiembre 2015). Publicada con la autorización expresa de la Dirección del Congreso y los autores.

GHI suministra una nueva planta llave en mano para Metalogenia

GHI Hornos Industriales, ingeniería con 80 años de historia ubicada en Galdakao ha diseñado, fabricado y suministrado una planta completa de fundición y tratamiento térmico para la nueva fabrica que la empresa Metalogenia ha establecido en Monzón.

Los equipos, un horno de arco y 20 hornos para tratamiento térmico con sus correspondientes elementos auxiliares, se han instalado en una planta de nueva construcción para fabricar piezas moldeadas de medio carbono y baja aleación, con gran resistencia al desgaste y al impacto.

Fundición

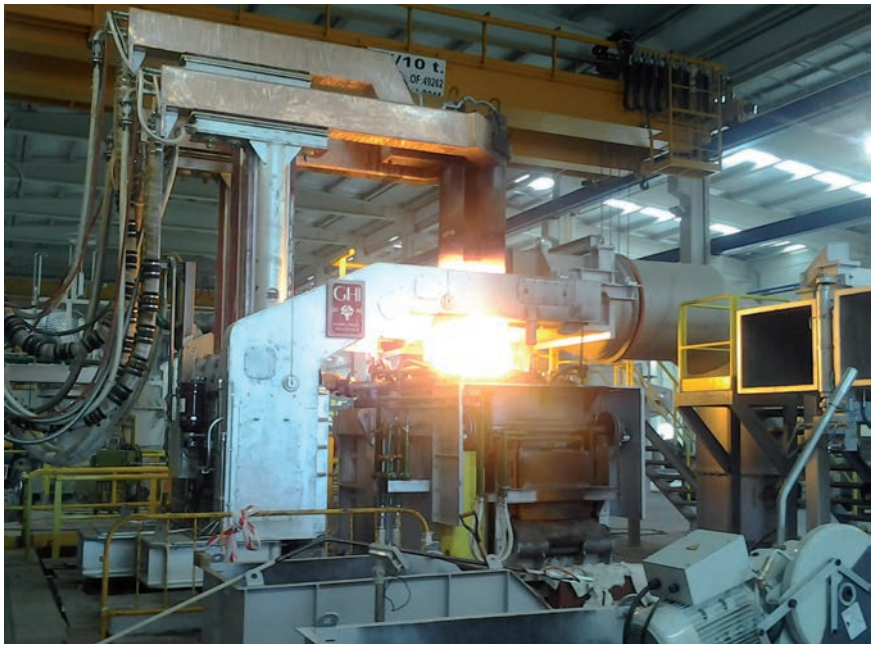
Basándose en la experiencia adquirida en los más de 150 hornos de arco suministrados, GHI ha diseñado un horno de arco de 8T de capacidad que incorpora las más modernas tecnologías, tales como el empleo de un transformador con una elevada potencia específica con reactancia en serie para el funcionamiento estable con arco largo, los brazos de cuerpo conductor de cobre, el accionamiento hidráulico de la columna de electrodos y del sistema de apriete de las mordazas o el dispositivo de giro de bóveda del tipo semipórtico con ruedas montadas en carros oscilantes. Así mismo ha diseñado un exclusivo sistema de regulación y control que optimiza el funcionamiento del horno y el consumo, tanto de energía eléctrica como de electrodos.

Una vez fundida la chatarra en el horno de arco, para lograr un control exhaustivo de la composición del metal y asegurar un bajo nivel de inclusiones no metálicas y de gases disueltos, GHI ha suministrado un convertidor AOD que trabaja en tándem con el horno de arco.

El convertidor está equipado con un sistema de inyección automático de nitrógeno y de argón así como con un sistema inteligente que, dependiendo de la composición química de la muestra extraída y de la composición final deseada, indica al operario la cantidad de cada uno de los aleantes que debe añadir al baño.

El suministro se completa con equipos auxiliares tales como las cestas de carga, la estación de niplaje o los calentadores de cucharas, elementos todos ellos diseñados y fabricados por GHI.

Como parte fundamental del contrato, GHI ha desarrollado la ingeniería general de planta, incluyendo la disposición general y los planos de formas y cargas para la obra civil.



Planta de tratamiento térmico

Una vez moldeadas las piezas, éstas se deben someter a un tratamiento térmico con el fin de que adquieran las condiciones de dureza y ductilidad necesarias, para desempeñar las duras condiciones de trabajo a las que se verán sometidas.

Para ello, GHI ha diseñado una planta completamente automatizada que consta de un carro autoaccionado que introduce y extrae la carga a tratar o ya tratada del recinto y una máquina de transferencia especialmente diseñada para atender a los 8 hornos y 34 mesas de carga / descarga e inspección enfrentados entre sí que componen la planta de tratamiento.

La única operación que debe acometer el operario es la selección de la receta de los tratamientos térmicos deseados guardada en la base de datos del ordenador. El resto del proceso transcurre en modo totalmente automático.

La máquina de transferencia deposita la carga a tratar en una de las mesas de carga, donde esperará a que se libre uno de los hornos de austenizado, donde una vez introducida la carga mediante la máquina de transferencia, se calienta hasta una temperatura cercana a los 1.100 ºC.

Los hornos de austenizado están equipados con quemadores autorecuperativos que permiten conjugar una gran homogeneidad de temperatura en la cámara, con un bajo consumo de gas natural.

Una vez austenizada la carga, se templa en un tanque de agua especialmente diseñado, dotado con una gran agitación obtenida mediante la combinación de agitadores de hélices con chorros de agua a alta presión estratégicamente distribuidos.

Una vez templada la carga, a la salida del tanque se disponen dos cámaras termográficas que miden de manera automática la temperatura de todas y cada una de las piezas tratadas.

En caso de que la temperatura de alguna de las piezas esté fuera del rango admitido, se produce una alarma para que la pieza sea rechazada.

Las cargas se transfieren a continuación a los hornos de revenido. Estos hornos cuentan con ventiladores de recirculación que garantizan la adecuada recirculación de la atmósfera, apoyados por quemadores de alta velocidad, lo que permite asegurar un homogéneo y preciso calentamiento de la carga.

La instalación se ha diseñado con concepto modular, de manera que pueda ampliarse en el futuro de requerirlo las necesidades de producción del cliente.

Tanto la planta de fundición como la de tratamiento térmico incorporan la sensórica y los sistemas de captación y transmisión de datos adecuados para implementar la tecnología 4.0.

En 2016, MIDEST tiene una cita con el futuro

Respaldado por una oferta única en el mundo que presenta a los industriales franceses y extranjeros propuestas concretas, la 46ª edición de MIDEST (6 al 9 de diciembre), el salón mundial de todas las competencias en materia de subcontratación industrial, se orienta claramente hacia el futuro.

Su celebración en el marco del evento "Convergencia para la Industria del Futuro" y la organización de un programa de conferencias y animaciones sobre este tema, permitirán tanto a visitantes como a expositores reforzar y desarrollar su actividad al descubrir las evoluciones, procedimientos e innovaciones que están revolucionando la industria, así como encontrarse con sus principales socios actuales y futuros.

De camino hacia el futuro

Más que nunca en 2016, MIDEST se orienta hacia la industria del futuro. Un movimiento iniciado el año pasado que se refuerza este año.

Qué mejor símbolo de esta evolución que la celebración del salón en el marco de "Convergencia para la industria del futuro".

Este gran evento auspiciado y patrocinado por el Presidente de la República Francesa, François Hollanda, que reunirá por primera vez industriales internacionales –contratantes, proveedores de equipamientos y soluciones, subcontratistas, centros de investigación, etc.– en torno a este reto primordial. Contribuirá así a la necesaria mutación digital y ecológica de las empresas, presentando un panorama completo de las competencias francesas rodeadas por los mejores especialistas internacionales.

Conferencias para mejor enfrentarse al futuro

El salón albergará una veintena de conferencias, la mayoría de ellas dedicadas a temas orientados hacia la industria del futuro, como la cooperación entre clientes y subcontratistas, el reto central del empleo y la formación, las tecnologías emergentes como la fabricación aditiva, los objetos conectados o la realidad aumentada, las problemáticas esenciales de la manutención y la prevención de riesgos, etc.

El aspecto económico también quedará cubierto con conferencias prácticas sobre la forma de optimizar el CICE (Crédito de Impuesto para la Competitividad y el Empleo), las deslocalizaciones y relocalizaciones, la constitución de un panel óptimo de subcontratistas o también la colaboración entre estos últimos y sus clientes.

Y finalmente, los principales sectores industriales como la automoción, la aeronáutica, el ferroviario y el médico serán objeto de enfoques especiales.

Entre los organismos y empresas que intervendrán figuran la Mediación Interentreprises, bpifrance, el OFCE, CCI France, el Instituto nacional de propiedad intelectual, la Federación de Industrias Mecá-

nicas, el UIMM, la Federación de Industrias Ferroviarias, la Asociación Nacional de Aprendices de Francia, el INRS, el Centro Nacional RFID, las ingenierías AgileBuyer y AT Kearney, Renault-Nissan, Sanofi, la SNCF, Lectra, AGS Fusion, Axon'Cable, National Instruments, Randstad…

Un programa de animaciones para enfrentarse al desafío de la industria 4.0

Varias animaciones se encargarán también de enfrentarse concretamente a la industria del futuro.

MIDEST albergará entre otro una exposición de la "innovateca" sobre el prototipaje rápido, un fab lab, espacio de encuentros animado por el taller de prototipaje hardware Usine IO. El INRIA permitirá a los visitantes probar sus movimientos en el montaje de un asiento de coche gracias a Kinect.

El camión "Destination Plasturgie MAJOR" permitirá descubrir equipamientos y demostraciones de las tres principales tecnologías del sector. Por primera vez en Francia, un concurso de soldadura manual, organizado por el IPC en colaboración con el IFTEC, tendrá lugar en el Village de las Electrotecnologías.

Randstad dará acceso a un programa informático muy potente de búsqueda de empleo y de candidato y propondrá un despacho animado por "Cadres pour l'entreprise", asociación que ayuda a los directivos seniors a encontrar empleo, así como paneles con ofertas de empleo, prácticas o en alternancia.

Por concluir, los Trofeos de la subcontratación industrial regresarán y destacarán las realizaciones de excelencia.

Nuevo presidente

Para sus ediciones de 2016 y 2017, MIDEST tiene el placer de recibir en su presidencia a D. Bruno Didier, presidente de Promofiltres, empresa especializada en filtración industrial.

Un hombre comprometido puesto que también es presidente del Comité de mecánica de la región Ile de France, vicepresidente Industria de la Cámara de Comercio e Industria del departamento 95 y Tesorero adjunto de la Cámara de Comercio e Industria regional (CCIR) de Ile de France. Su antecesor fue Patrick Munini.

Sobre CONVERGENCE POUR L'INDUSTRIE DU FUTUR

"Convergence pour l'Industrie du Futur" se articulará en torno a 3 grandes espacios en los cuales los profesionales podrán encontrarse y tener a su alcance la realidad de la Industria del Futuro, así como asistir a un amplio y prestigioso programa de conferencias que permitirán ilustrar las iniciativas clave desplegadas o pendientes de llegar y entender sus retos y oportunidades.

En el FORO INDUSTRIE DU FUTUR…

- Un programa inédito de conferencias, charlas, mesas-redondas, Keynotes, etc.
- Demostradores y escaparates con el sello "Industrie du Futur".
- Socios referentes.
- Encuentros con expertos (financiación, oficios, etc.).
- Herramientas pedagógicas: recorridos tecnológicos, guía de visita, etc.
- Delegaciones de industriales.

En SMART INDUSTRIES…

- 200 expositores.
- 7.000 visitantes.
- Conferencia y testimonios de experiencias.
- El recorrido "Génération Smart –Industries".
- El congreso Connect+Event.

En MIDEST

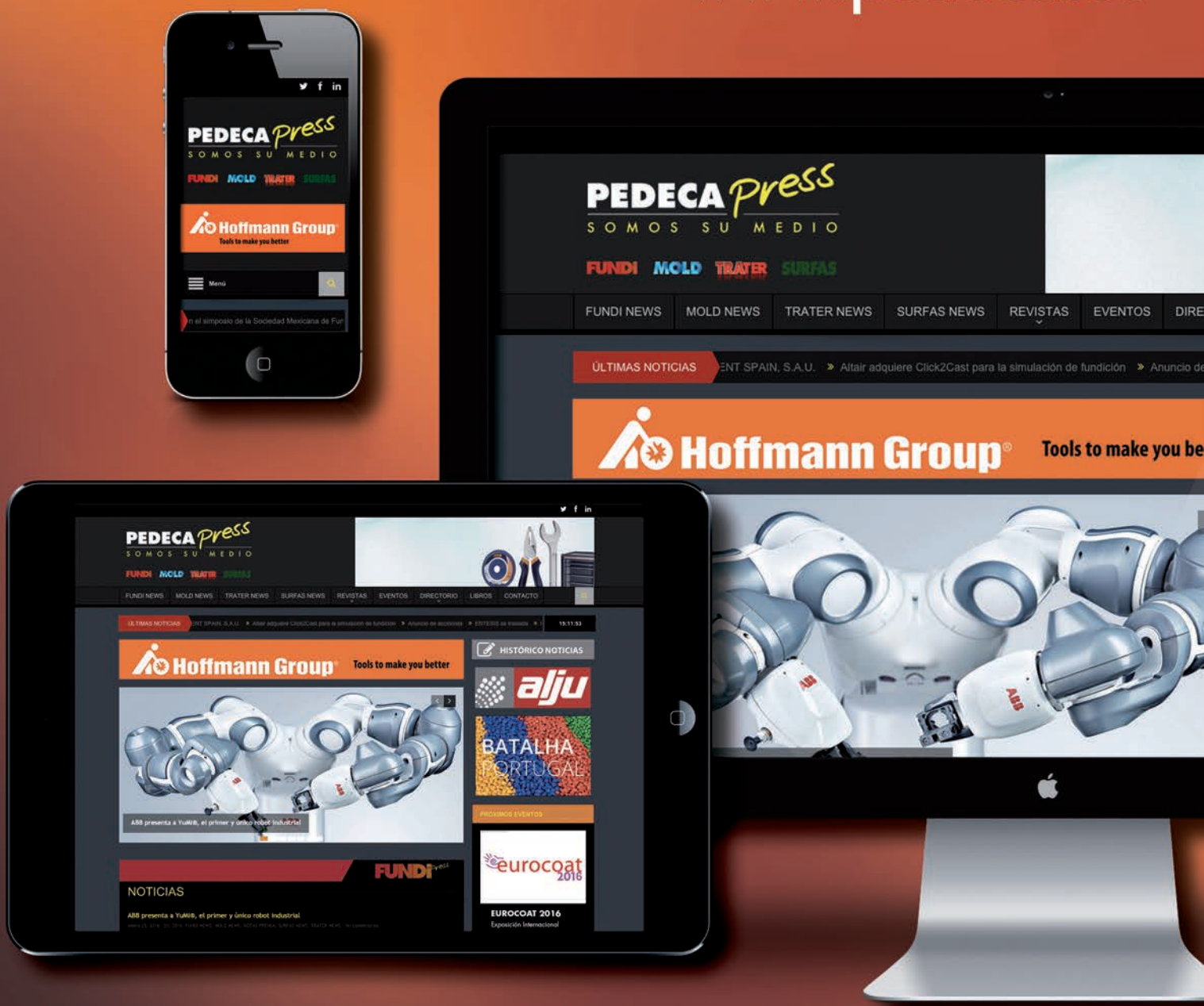
- 1.500 expositores procedentes de 40 países.
- 14 sectores de actividad representados.
- 35.000 profesionales venidos de 70 países.
- Conferencias estratégicas y técnicas.
- Animaciones que permiten entender concretamente la industria del futuro: exposiciones, espacios de encuentros, actividades interactivas, etc.
- Socios de referencias.

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

PREGUNTE POR NUESTROS PACKS DE PUBLICIDAD IMPRESIÓN + DIGITAL

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

Los desafíos de la industria, en el foco de subcontratación

Los desafíos de la industria estarán muy presentes en SUBCONTRATACIÓN 2017, Feria Internacional de Procesos y Equipos para la Fabricación, que se celebrará en Bilbao Exhibition Centre los días 6 a 8 de junio con un objetivo muy definido: transformar retos en oportunidades de negocio para las pymes. El desarrollo y la implantación de sistemas de fabricación inteligente determinarán la competitividad de las empresas, por lo que el equipo comercial del certamen trabaja ya para apoyar a las firmas participantes en la búsqueda de nuevas tecnologías, mercados y clientes.

En el área expositiva de SUBCONTRATACIÓN compartirán espacio empresas de fundición, mecanización, transformación sin arranque, moldes, tratamientos térmicos y superficiales, metrología y CAD/CAM, que ofrecerán el diseño de procesos a medida para la fabricación de piezas a la carta y los equipos necesarios, desde las operaciones más básicas hasta las más complejas. Esta oferta especializada atraerá a visitantes internacionales de los sectores de automoción, aeronáutica, máquina-herramienta, bienes de equipo, siderurgia, energía, ferroviario, naval o petrolero, entre otros, demandantes de soluciones concretas para sus proyectos.

SUBCONTRATACIÓN mantendrá además su esquema comercial, basado en la combinación de feria y foro de encuentros B2B de gran formato. Efectivamente, el certamen ofrecerá la posibilidad de participar en el mayor evento de entrevistas concertadas del país, el XVII Encuentro Europeo de la Subcontratación, que está organizado por la Cámara de Comercio de Barcelona en colaboración con la Red de Bolsas de Subcontratación de España y Bilbao Exhibition Centre. En 2015, en el marco del encuentro se celebraron entrevistas con compradores procedentes de Alemania, Argelia, Austria, Bélgica, España, Francia, Marruecos y Rumanía. Las valoraciones recogidas al cierre reflejaron un balance más que positivo: el 91% de los expositores establecieron contactos comerciales interesantes con nuevos contratistas nacionales e internacionales, por lo que para 2017 se intensificarán inversión y esfuerzos en la campaña de invitación a compradores estratégicos.

Por último, SUBCONTRATACIÓN reforzará su perfil como espacio para los negocios y la transferencia de conocimiento gracias a la celebración simultánea del certamen con ADDIT3D, Feria Internacional de Fabricación Aditiva y 3D, FERROFORMA, Feria Internacional de Ferretería, Bricolaje y Suministro Industrial, MAINTENANCE, Feria de Mantenimiento Industrial, y PUMPS & VALVES, Feria Internacional de Sistemas de Bombas, Válvulas y Equipamientos para Procesos Industriales. Las sinergias entre sectores y los nuevos perfiles de visitantes que atraerá, muy vinculados a la innovación y el desarrollo tecnológico, serán uno de los principales elementos diferenciadores de esta gran cita industrial.

Nuevo analizador de metales

SPECTRO Hispania presenta en España el analizador de metales SPECTROCHECK, diseñado para ofrecer análisis de altas prestaciones a las pequeñas y medianas fundiciones, empresas de mecanizados y tratamientos térmicos, a un precio asequible.

Las fundiciones han de fiarse de manera continuada en análisis fiables para maximizar la productividad de sus procesos. El nuevo analizador de metales de alta calidad –que aún con tecnología alemana tiene un precio asequible para cualquier empresa– es el analizador de metales ideal para el control de rutina de contenidos de aleaciones en bases férricas, aluminio y cobre – ofreciendo resultados de control que cumplen las especificaciones más rigurosas. Sus características incluyen:

- Facilidad de uso y simplicidad en el manejo: desde una nueva repisa de chispeo y un interface de software simplificado a instrucciones paso a paso y video-guía de instalación, el analizador de metales SPECTROCHECK está diseñado para máxima disponibilidad, encendido rápido y manejo intuitivo – sin necesidad de formación especializada.

- Valor elevado a bajo coste: el SPECTROCHECK ofrece tanto un precio de compra bajo como un coste de propiedad bajo, así como una fácil personalización mediante plug-in's modulares y lógica ICAL, que elimina la necesidad de costosas recalibraciones.
- Prestaciones precisas cubriendo todo el rango espectral relevante para la aplicación: el SPECTROCHECK está optimizado con los elementos que se encuentran en las aleaciones comunes de fundición, minimizando las interferencias espectrales, manteniendo una elevada estabilidad y permitiendo una separación precisa de líneas espectrales vecinas, cuando se realizan análisis con abundancia espectral. Nuevos e innovadores sistemas ópticos patentados combinan ópticas múltiples de policromadores con tecnología SWIFT (Selective Wavelength Image Feedback Technology – Tecnología de Información Selectiva de Longitudes de Onda). La cámara óptica está aislada y estabilizada en temperatura, y purgada por argón para una mejor transmisión de luz.
- El diseño ergonómico en un formato de sobremesa con acceso fácil y seguro a sus componentes, junto con un ordenador integrado para la conexión de dispositivos de entrada y salida de información.

Algunas consideraciones sobre el aluminio y sus aleaciones. Tratamiento térmico (Parte 1)

Por Manuel Antonio Martínez Baena. Ingeniero Metalúrgico

Presentación

Terminada la publicación de los trabajos sobre los aceros especiales para construcción mecánica y de ingeniería y su tratamiento térmico; no olvidándonos de los aceros de herramientas en general. Hemos creído oportuno publicar, con permiso de la revista, unos resúmenes de algunos capítulos de un libro que, al igual que los anteriores volúmenes sobre los aceros especiales y de ingeniería, es el resultado de una serie de charlas impartidas al personal técnico y mandos de taller de varias empresas metalúrgicas del sector auxiliar de automoción, y a estudiantes de escuelas técnicas, así como de formación profesional.

Los trabajos que presentamos son unas consideraciones sobre una serie de metales no férreos y sus aleaciones. Grupo reducido de materiales que, a nuestro juicio, son uno de los más importantes y de mayor utilización en la industria básica en general: aluminio y sus aleaciones; el cobre y sus aleaciones; y el titanio y sus aleaciones.

En el editorial varias veces nos hemos referido, principalmente a los jóvenes, con la certeza de que existe entre ellos una cierta y verdadera avidez por adquirir los conocimientos adecuados a sus actividades profesionales. Esto se refleja en cualquier conferencia bien organizada y debidamente difundida a la que hemos asistido; sólo con la noticia de su celebración ha bastado para que el número de jóvenes asistentes sea siempre elevado. A ellos especialmente van dirigidos los temas de los que ahora presentamos.

Con la convicción de que son, bajo nuestro punto de vista, lo suficientemente prácticos para hacerlos de adecuado uso e interés para buen número de lectores. Esperamos e insistimos, pues, que estos resúmenes sean de utilidad a nuestros jóvenes técnicos y, por supuesto, a los menos jóvenes; lectores todos muy importantes para nuestras revistas, que se esfuerzan siempre en hacer progresar el "arte" de las Ciencias Metalúrgicas.

1. Introducción

El **aluminio (Al)**, presenta unas muy interesantes características de ligereza, de facilidad de hechurado, de conductibilidad térmica y eléctrica, resistencia a la corrosión, etc.; que le hacen muy atractivo para su utilización industrial. Existe una extensa gama de aleaciones de aluminio; y en cada una de las cuales se ha tendido a destacar aquellas propiedades, mecánicas y tecnológicas, –*resistencia mecánica, facilidad de moldeo, forjabilidad, maquinabilidad, resistencia a la corrosión, etc.*– más necesarias para cubrir un importante campo de aplicaciones. Todo ello ha dado lugar a que la industria en general utilice cada vez más el aluminio y sus aleaciones.

Para obtener las óptimas propiedades que se pueden conseguir del aluminio y sus aleaciones es necesario someterlas, frecuentemente, al tratamiento térmico correspondiente; entendiendo como tal: la operación de calentar uniformemente el material a una temperatura y tiempo determinado, seguido del enfriamiento oportuno para obtener las propiedades deseadas.

Las **aleaciones de aluminio**, denominadas también **aleaciones ligeras**, tienen como principales características su reducida densidad [**Al** = 2,70 g/cm³] y su baja temperatura de fusión: 660 °C. Tales aleaciones están constituidas con base de aluminio como elemento fundamental en unión con diversos metales y otros aleoelementos, cuyo objeto es mejorar las características –*mecánicas, tecnológicas y de resistencia a la corrosión*– del material aleación, y en el sentido que se desee.

La relación **resistencia/peso** de las aleaciones de aluminio, como definimos a continuación, es excelente.

$$\textbf{Relación resistencia/peso} = \frac{\textbf{Resistencia}}{\textbf{Peso}}$$

El **magnesio** de muy baja densidad [densidad **Mg** = 1,7 g/cm³], es también uno de los elementos que se le añaden al aluminio para la formación de aleaciones ligeras. Este aleoelemento ha llegado a constituir hoy un metal fundamental en ingeniería, –*actualmente muy en auge*– ya que junto con el aluminio y el cinc forma aleaciones base de magnesio: son las llamadas **aleaciones ultraligeras**.

1.1. Obtención del aluminio

El aluminio se obtiene principalmente a partir de la **bauxita** ($Al_2O_3.H_2O$), mediante un proceso que consta de dos etapas:

1. Producción de la alúmina Al_2O_3 [ataque mediante un hidróxido (**NaOH**) concentrado en autoclave]. Como subproducto se obtiene un lodo rojo no utilizable.

2. ***Electrolisis ígnea*** de la alúmina (Al_2O_3) en una celda electrolítica para obtener el aluminio, ya que el aluminio naciente descompone el agua.

La electrolisis ígnea de la alúmina (Al_2O_3) se realiza en criolita fundida (Na_3AlF_6) a una temperatura comprendida entre 900 y 980 °C. En el proceso de obtención se utilizan ánodos de carbono, que intervienen desprendiendo energía, mientras son consumidos por el oxígeno que se libera durante el proceso. El proceso es completamente automatizado: ***proceso Bayer***; **figura 1**.

De cuatro toneladas de ***bauxita*** se logran en la primera etapa dos toneladas de alúmina + dos toneladas de lodo rojo no utilizable. A partir de esas dos toneladas de alúmina se obtiene, en la segunda etapa, una tonelada de aluminio.

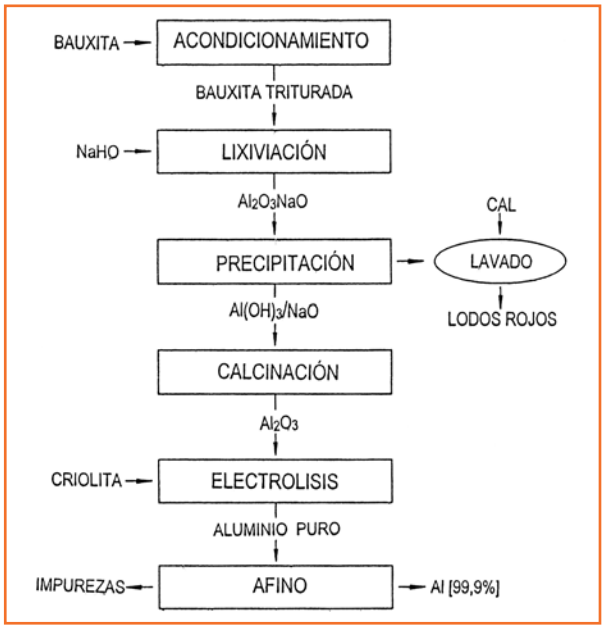


Figura 1. *Representación esquemática del proceso de obtención del aluminio.*

El material que así se obtiene –*denominado* ***aluminio de primera fusión***– es usualmente un aluminio con un contenido que oscila entre el 99,5 por 100 y 99, 9 por 100 [**Al** = (99,5 ÷ 99,9%)]. El hierro (**Fe**) y el silicio (**Si**) son sus "impurezas" principales. La clasificación del aluminio de primera fusión es función de la suma de los tantos por 100 de (**Fe + Si**):

- Al 99,0. Porcentaje de (Fe + Si) < 1,0%.
- Al 99,5. Porcentaje de (Fe + Si) < 0,5%.
- Al 99,9. Porcentaje de (Fe + Si) < 0,1%.

1.1.2. Propiedades generales del aluminio

- Propiedades físicas.
- Propiedades químicas.
- Propiedades mecánicas.

I. *Propiedades físicas*

Peso específico. Su densidad es 2,7 g/cm³, por lo que se le considera uno de los metales más ligeros, si lo comparamos con el hierro [**Fe** = 7,8 g/cm³] y el cobre [**Cu** = 8,5 g/cm³].

Red cristalográfica. Cúbica de caras centradas (CCC), lo que le confiere una gran capacidad de deformación plástica, tanto en frío como en caliente.

Punto de fusión. Funde a 660 °C.

Color. Blanco azulado y más bien típico "argentado". Hoy, todavía, se sigue llamando "papel plata" al papel de aluminio.

Conductividad térmica. La conductividad térmica del aluminio a temperatura ambiente [(200 ÷ 230) $W/m^{-1} . K^{-1}$] varía en función de la pureza del material; conductividad que disminuye al añadirle al aluminio elementos de aleación. La acritud y la temperatura tienen el mismo efecto negativo.

Conductividad eléctrica. Es otra de las propiedades fundamentales, que depende de la pureza del material y su valor máximo a 20 °C es [Al = 38 x 10^6 (S/m)]: equivalente a 62 por 100 **IACS**. Si la comparamos con la conductividad eléctrica del cobre (**Cu**) que tiene, a esa misma temperatura, un valor 100 por 100 IACS*.

Coeficiente de dilatación térmica: [(2,3 ÷ 2,4) . 10^{-5}].

Calor específico: 520 J/(kg . K).

Propiedad magnética. El aluminio y sus aleaciones son ligeramente paramagnéticos.

II. *Propiedades químicas*

Las propiedades químicas del aluminio están dominadas por dos características de este metal con el oxígeno:

Elevado calor de oxidación. Este elevado calor de oxidación [–200 KJ/mol a 20 °C] permite al aluminio actuar como un potente reductor. El aluminio es un elemento reactivo que se oxida con facilidad, lo cual hace que se recubra rápidamente su superficie de una capa de óxido natural constituido por **Al_2O_3**. Capa anhidra, transparente, adherente y compacta.

Potencial de disolución. Refleja, a la vez, la gran actividad química del aluminio y su capacidad de autoprotección. Tenemos dos posibilidades de utilización: (1) ánodo desnudo = ***ánodo de sacrificio***; y (2) aluminio con Al_2O_3 = ***metal noble***.

Resistencia a la corrosión. Es excelente debido a la película de óxido (**Al_2O_3**) formada, que se adhiere con firmeza y es insoluble en agua y otros muchos disolventes. Película que está formada por dos capas: (1) capa, muy compacta, en contacto con la superficie del metal donde se asienta; y (2) capa exterior, resultado de la reacción de la primera con el medio ambiente.

Acción de los ácidos. Los ácidos como el clorhídrico, fluorhídrico y sulfúrico concentrado, atacan la película de óxido (**Al_2O_3**) dificultando su autoprotección. Las ***bases fuertes*** atacan violentamente el metal, disolviendo rápidamente la capa protectora de óxido (**Al_2O_3**).

III. *Propiedades mecánicas*. Las propiedades intrínsecas del aluminio puro son bajas:

- *Resistencia a la tracción* (**R**)... = [60÷ 80] MPa.
- *Límite elástico* (**LE**)..... = [20÷ 30] MPa.
- *Alargamiento* (**A**).....= [40 ÷ 60] %.
- *Módulo de elasticidad* (**Em**)... = 66.218 MPa.
- *Módulo de torsión* (**Tm**).....= 27.000 MPa.
- *Coeficiente de Poisson* (**v**)..... = 0,34.

Tales características son modificadas según sea la pureza del material, por la temperatura, e igualmente según sea la estructura del producto hechurado, puesto en forma; bien sea por forja o bien por moldeo. Sin embargo algunas de sus aleaciones llegan alcanzar hasta 800 MPa de carga de rotura, presentando una amplia gama de posibilidades de empleo, como más adelante veremos.

Acritud. El aluminio puro, cuando se conforma mediante deformación plástica en frío, sus características de resistencia, límite elástico y dureza aumentan; mientras el alargamiento decrece. Esto es debido al fenómeno denominado ***acritud****, el

* IACS. La conductividad eléctrica de los materiales metálicos comerciales suele evaluarse con base a la clasificación **IACS** [Acrónimo de "International Annealed Cooper Standard"]. Al cobre recocido se le asigna una calificación aleatoria de 100% **IACS**, con una resistividad de volumen de 0,017241 ohm/mm^2 por metro a 20 °C de temperatura.

* **Acritud.** Término con el que se identifica un fenómeno que, en la práctica, es común a todos los metales cuando éstos sufren deformación plástica a temperatura ambiente o un poco superior a ella –*pero siempre por debajo de* →

cual se mide por el grado de crudeza o reducción de área alcanzado mediante el trabajado en frío, según se trate de productos laminados o estirados.

Resistencia mecánica a baja temperatura. El aluminio, en oposición a lo que ocurre con los aceros evoluciona favorablemente, aumentando sustancialmente las características mecánicas de carga de rotura (**R**) y alargamiento (**A**), a medida que se acercan y sobrepasan la temperatura del cero absoluto (–273 ºC).

En el cuadro que sigue se puede apreciar esta evolución y, por tanto, la razón de la aplicación del aluminio (**Al**) en el sector del transporte y en el de maquinaria y demás aparatos criogénicos.

Temperaturas ordinaria de ensayo para el aluminio al 99%	R (MPa)	LE (MPa)	A (%)
Temperatura ordinaria 20 ºC [293 ºK]	60	20	45
Temperatura nitrógeno líquido [−196 ºC (77 ºK)]	160	30	50
Temperatura hidrógeno líquido [−253 ºC (20 ºK)]	320	30	45

Aumento de las características de tracción del aluminio, resistencia (R) y alargamiento (A) a medida que la temperatura se acerca y va bajando, sobrepasando el cero absoluto.

1.2. Resistencia a la corrosión

El aluminio (**Al**), además de tener una elevada afinidad con el oxígeno, es un metal fuertemente electronegativo, por lo que se podría esperar le afectase profundamente la corrosión por los agentes naturales. Contrariamente a ello, el aluminio es prácticamente inalterable a la acción del aire húmedo en condiciones ordinarias. Esto es debido a que, a causa de esa gran afinidad con el oxígeno, el aluminio expuesto a la acción del aire húmedo se cubre rápidamente de una capa de óxido, formada por alúmina (Al_2O_3), muy resistente e impermeable que, al impedir el contacto del metal con la atmósfera, detiene la corrosión apenas comienza. Mediante oxidación anódica** se logra obtener una capa más espesa, adherente, elástica y dura; capaz de fijar colorantes que, asimismo, le da al material un agradable aspecto grisáceo.

La resistencia a la corrosión que presenta el aluminio, como consecuencia de la capa protectora de alúmina (Al_2O_3) con la que se envuelve, es más eficaz cuanto mayor es la pureza del metal. El agua de mar produce una corrosión tanto más acentuada cuanto menor sea la pureza del aluminio. Dado que el aluminio se autoprotege, espontáneamente, es preciso tenerlo en cuenta y evitar romper por accidente, esa capa protectora. Aunque la mayoría de las aleaciones de aluminio presenta igualmente una excelente resistencia a la corrosión, ciertamente se puede decir que dicha resistencia es siempre menor que la del aluminio en estado puro.

ALEACIONES DE ALUMINIO Y SU CLASIFICACIÓN

2. Introducción

Técnicamente, como anteriormente se ha comentado, las características mecánicas del aluminio son bajas. Por ello su excelente conductibilidad y peso específico se ven afectados negativamente, por esa merma de características. No obstante se sabe que las formas de aumentar las características mecánicas de un metal, básicamente, son:

- Adición de otros elementos que forman solución sólida al disolverse en el metal base, bien sea por inserción o por sustitución.
- Adición de otros elementos y aparición de segundas fases, generalmente son compuestos intermetálicos más duros que la solución sólida donde están repartidos.
- Endurecimiento por acritud, iniciativa que en la mayoría de los casos no es conveniente, ya que el aumento de la resistencia y del límite elástico se produce a costa de una importante disminución del alargamiento y de la plasticidad.

→ *la temperatura de recristalización del metal que se deforma*–. Sin entrar en más detalles y virtudes del fenómeno, bastante complejo y explicable con la teoría de las dislocaciones; sólo insistiremos en que la ***acritud*** produce un aumento significativo de la dureza del material, de su resistencia mecánica y de su límite elástico. Por contra hay una bajada muy sustancial de la tenacidad, del alargamiento y de la estricción.

**Anodizado. Proceso electrolítico en el cual el componente de aluminio se utiliza como ánodo del que se libra oxígeno; produciéndose, entonces, una capa superficial de óxido de aluminio (Al_2O_3) espesa, adherente y resistente a la corrosión. A veces dicha capa puede colorearse con tintes, presentando el material un excelente aspecto grisáceo.

- Endurecimiento estructural por precipitación, en aquellas ocasiones en que los elementos de adición forman con el metal base una solución sólida monofásica a alta temperatura; y que presenta, al igual que en el segundo caso, un descenso de solubilidad al bajar dicha temperatura. Esto ocurre cuando se realiza un tratamiento de solubilización, dentro de la fase de solución sólida alfa (α), seguido de un enfriamiento rápido: temple.

- La evolución posterior a temperatura ambiente –*maduración o envejecimiento natural*–, o bien a temperatura moderada –*maduración o envejecimiento artificial;* [**figura 2**]– provoca, por precipitación, un aumento de características que puede alcanzar en algunas aleaciones más de 100 por 100 [≥ 100%].

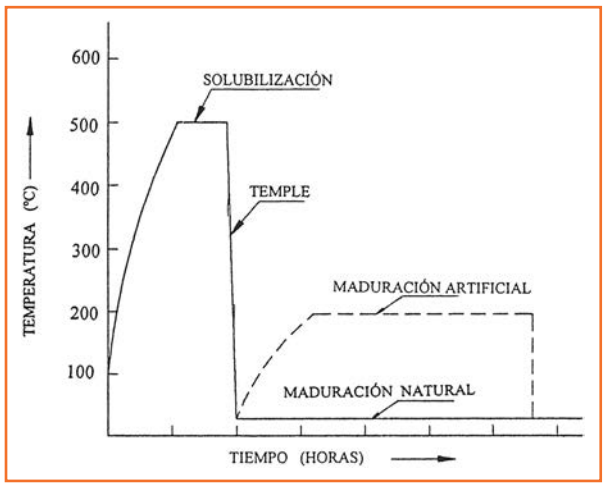


Figura 2. *Ciclo del tratamiento térmico en el endurecimiento por precipitación: (1) solubilización; (2) temple; y (3) envejecimiento o maduración.*

Las aleaciones con endurecimiento estructural por precipitación, se denominan ***aleaciones bonificables***, como más adelante veremos.

Resumiendo: la adición de otros aleoelementos es el método más racional de endurecer el aluminio, ya que tales elementos de aleación, tanto si quedan en solución sólida como si dan lugar a una segunda fase, tienden a un endurecimiento estructural.

Desde el punto de vista tecnológico, y para el estudio en el conjunto de las aleaciones de aluminio, conviene distinguir entre dos grandes familias: (1) ***aleaciones de aluminio para moldeo***; y (2) ***aleaciones de aluminio para forja***, según sea el proceso de puesta en forma y hechurado de los subproductos y de las piezas en cuestión. Dicha clasificación no precisa establecer la exclusividad de su aplicación, ya que hay aleaciones que se pueden conformar en ambas formas de fabricación, –*por moldeo o por forja*– aunque casi siempre existen ligeras diferencias de composición.

En su clasificación, la delimitación entre aleaciones de aluminio para moldeo y aleaciones de aluminio para forja, viene determinada fundamentalmente, por el límite de saturación de la solución sólida del material que se transforma a temperatura eutéctica. Tomamos como ejemplo el diagrama de fases de la **figura 3**, propuesto para el conjunto de la aleación **A-B**: (1) el primer componente del sistema es **A** = aluminio, y (2) el segundo componente **B** = la adición de aleación. En este caso estamos en presencia de dos metales cada uno de los cuales se disuelve en una cantidad limitada del otro. Así, pues, el diagrama presenta dos zonas de solución sólida en sus extremos [α y β], y un punto eutéctico (**E**)* en la región intermedia. La composición eutéctica [% de **A** + % de **B**], –*punto E*– es la composición que presenta una estructura diferenciada del resto de composiciones.

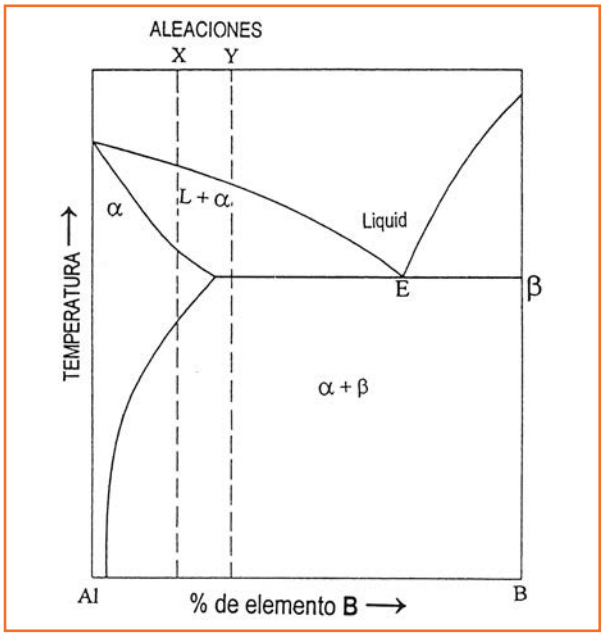


Figura 3. *Diagrama de fases propuesto para el conjunto de la aleación* **A-B**: *(1) el primer componente del sistema es* **A** *= aluminio, y (2) el segundo componente* **B** *= la adición de aleación.*

* En el punto eutéctico E –*con la presencia de tres fases:* líquido, fase α, y fase β– tiene lugar la transformación eutéctica: Líquido (**L**) ==> sólido α + sólido β.

Cuando la solubilidad de **B** en **A** es máxima, –*aleación* **Y**; **figura 3**– la fluidez del material se eleva bruscamente, por lo que el metal líquido se hace más apto para ser colado y moldeado. Cuanto mayor sea a su vez la composición eutéctica, tanto más altas serán las propiedades de moldeo. Pero al mismo tiempo se ha de tener muy en cuenta que, cuando el componente eutéctico supera un máximo [20 ÷ 25% en volumen], empeoran sustancialmente las propiedades mecánicas y algunas tecnológicas del material que se moldea.

Así, pues, una máxima solubilidad de **B** en **A** a alta temperatura y cuanto mayor es asimismo la composición eutéctica, hace que disminuya bruscamente la plasticidad del metal y disminuya, por tanto, su aptitud para ser laminado, prensado, extruido o forjado en caliente. Basta un porcentaje mínimo de componente eutéctico [≈ 5% en volumen] en esa condición, para que tales operaciones tecnológicas de conformación y puesta en forma por deformación plástica en caliente, sean muy difíciles de realizar.

Generalizando, podemos decir que: ***las aleaciones de aluminio son moldeables cuando B disuelto en A sobrepasa la solubilidad límite de saturación a alta temperatura,*** –*aleación* **Y**; **figura 3**– ***y, en esa condición, cuanto mayor sea también su composición eutéctica***. Es un hecho evidente, que la mayor fluidez y grado de fusión la tienen los metales y aleaciones que cristalizan a temperatura constante. Ejemplo de ello lo encontramos en los metales puros y aleaciones eutécticas.

Por el contrario, cuando la solubilidad de **B** en **A** no sobrepasa el límite de saturación a alta temperatura [*aleación* **X**, **figura 3**], y apenas hay composición eutéctica en el sistema; el material presenta una mayor plasticidad y, por tanto, una menor resistencia a la deformación en caliente. Esto ocurre cuando **B** no sobrepasa la solubilidad límite a alta temperatura, y no se encuentra apenas composición eutéctica en el sistema. Consecuentemente tales aleaciones soportan bien el trabajo de conformado y puesta en forma por deformación plástica a alta temperatura: laminación, forja, estampación o matrizado, extrusión, etc.

De la misma forma se puede decir entonces que: ***las aleaciones de aluminio son forjables cuando la solubilidad de B en A no supera el límite de saturación a alta temperatura*** –*aleación* **X**; **figura 3**– ***y, en esa condición, no se encuentra apenas composición eutéctica***.

Resumiendo: las aleaciones de aluminio pueden clasificarse en dos grandes y principales familias: (1) ***aleaciones para moldeo*** (2); ***aleaciones para forja***, basándonos en su diagrama de fases o de equilibrio. Aunque tal división, de acuerdo con dichos diagramas es, a pesar de todo, algo convencional; ya que en estado de colada dichas aleaciones no llegan a estar del todo en equilibrio y sus estructuras difieren de las de un equilibrio total.

El grado de endurecimiento por deformación y tratamiento térmico del aluminio y de sus aleaciones se codifica mediante letras y números; indicación que va seguida de la designación de la aleación después de un guión. El código de letras con números constituye la ***designación de temple*** e indica, justamente, como se ha de tratar térmicamente el material. Aunque algunas designaciones no son aplicables a todas las aleaciones.

Las designaciones de tratamiento térmico son aplicables, en general, a los productos tanto de forja como de moldeo, como veremos más adelante; **figura 4**. En la **tabla I**. Se indican las codificaciones básicas.

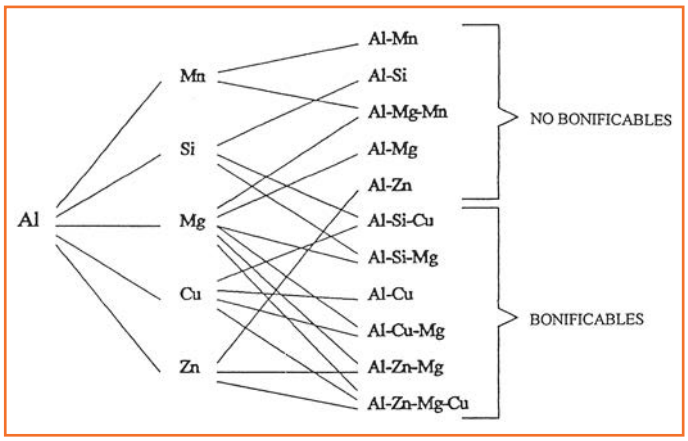


Figura 4. *Esquema representativo de las aleaciones de aluminio: (1) aleaciones que no son bonificables; y (2) las que son bonificables.*

Consideremos por separado el estudio de ambas familias, y dentro de cada una de ellas los distintos grupos y series que existen, así como los elementos que las componen. Los grupos están caracterizados por el hecho de que cada una de las aleaciones que lo forman tiene en común un elemento principal de aleación, así como el tratamiento térmico, o grado de endurecimiento a seguir, que le imprime a cada aleación el carácter distintivo.

DESIGNACIÓN	SUBDIVISIÓN	ESTADO DE TRATAMIENTO
F		Material tal como se ha fabricado. Sin control en el endurecimiento por deformación
O		Recocido y recristalización. Endurecimiento con la mínima resistencia y la máxima ductilidad
Endurecimiento por deformación en frío [*acritud*]		
H	H1	Endurecimiento por deformación en frío. El grado de endurecimiento [*acritud*] se indica, con un segundo dígito, desde el grado H12 hasta el grado H18 que proporciona una reducción máxima de un 75%.
	H2	Endurecimiento por deformación en frío + recocido parcial. Igualmente se indica con un segundo dígito el nivel de trabajado en frío
	H3	Endurecimiento por deformación en frío + estabilizado a bajas temperaturas para evitar el endurecimiento por maduración
Tratamiento térmico para producir estados estables distintos a los designados por F; O y H		
T	T1	Temple o enfriamiento rápido del material a la salida del molde o de la matriz de forja + maduración natural
	T4	Tratamiento térmico de bonificado: solubilización + temple + maduración natural
	T5	Temple desde la temperatura del proceso de conformación + maduración artificial
	T6	Tratamiento térmico bonificado: solubilización + temple + maduración artificial
	T7	Tratamiento de solubilización + estabilizado
	T8	Tratamiento térmico de solubilización + trabajo en frío [acritud] + maduración artificial.
	T9	Tratamiento térmico de solubilización + maduración artificial + trabajo por deformación en frío [acritud]
	T10	Enfriamiento desde el proceso de conformado a alta temperatura + trabajo en frío [acritud] + maduración artificial

Tabla I. Designaciones básicas del grado de endurecimiento por deformación y por tratamiento térmico del aluminio y sus aleaciones [Aluminum Association].

2.1. Aluminio y aleaciones de aluminio para moldeo

A veces la imposibilidad de obtener piezas por forja, bien por dificultad de hechurado debido a la propia aleación, o bien por razones de economía, etc… potencia la producción de piezas por moldeo. El moldeo, desde el puno de vista técnico, no nos permite obtener piezas y componentes con las mayores características mecánicas de empleo; pero sí hace posible la producción más económica de las mismas.

Las aleaciones de aluminio para moldeo, se basan en los mismos componentes de aleación que se utilizan para piezas forjadas, con la excepción del manganeso (**Mn**), que no está presente en las composiciones de esta familia de aleaciones para moldeo. Tales aleaciones se clasifican, como antes se ha indicado, en aleaciones bonificables y no bonificables. Aunque en la práctica todas las aleaciones de aluminio para moldeo pueden endurecerse por tratamiento térmico; si bien el grado de endurecimiento será tanto menor cuanto más aleado sea el material, es decir, cuanto mayor contenido de componente eutéctico presente en fase sólida.

Cuando las solicitaciones que tienen que soportar las piezas son muy elevadas, es preciso acudir a aleaciones bonificables. Pero cuando las piezas son de menor o relativa importancias en las que no se requiere altas solicitaciones, se emplean, normalmente, aleaciones no bonificables. Las aleaciones de aluminio son moldeadas y puestas en forma, principalmente, por tres procedimientos: (1) fundición en arena; (2) fundición en molde permanente; y (3) fundición a presión.

La **fundición en arena** es el proceso más sencillo y más versátil de fundición de las aleaciones de aluminio. Este procedimiento es elegido para la fabricación de:

- Series cortas de piezas homogéneas.
- Piezas muy complejas con núcleos difíciles.
- Grandes piezas.

En la **fundición en molde permanente**, se vierte el metal líquido en el molde normalmente metálico donde se solidifica, por diferentes métodos: (1) por gravedad; (2) a baja presión, y (3) a presión centrífuga. Las piezas fundidas de la misma aleación e igual forma, producidas por este sistema, tienen una estructura de grano más fino y son más resistentes mecánicamente, que las piezas fundidas en arena. Sin embargo los moldes permanentes tienen limitaciones de tamaño de las piezas, así como en piezas de muy difícil diseño, ya que es casi imposible su moldeo por este sistema.

Con la **fundición a presión** se obtienen piezas en serie al máximo ritmo de producción; forzando el metal líquido en moldes metálicos, donde se solidifican a elevada presión. Las dos partes del molde son fuertemente encajadas para poder resistir las altas presiones de moldeo que obligan al metal fundido a repartirse, homogéneamente, por todas las cavidades del molde. Cuando el metal se ha solidificado los moldes se desbloquean para extraer la pieza en caliente, y el ciclo se repite de nuevo; **figura 5**.

Las ventajas que se obtienen con el moldeo a presión –***inyección***– son las siguientes:

- Las piezas obtenidas están casi completamente acabadas y se producen a una muy alta cadencia.
- Las tolerancias dimensiónales de las piezas son más constantes que con el resto de sistemas.
- Es posible obtener piezas con superficie final de acabado.

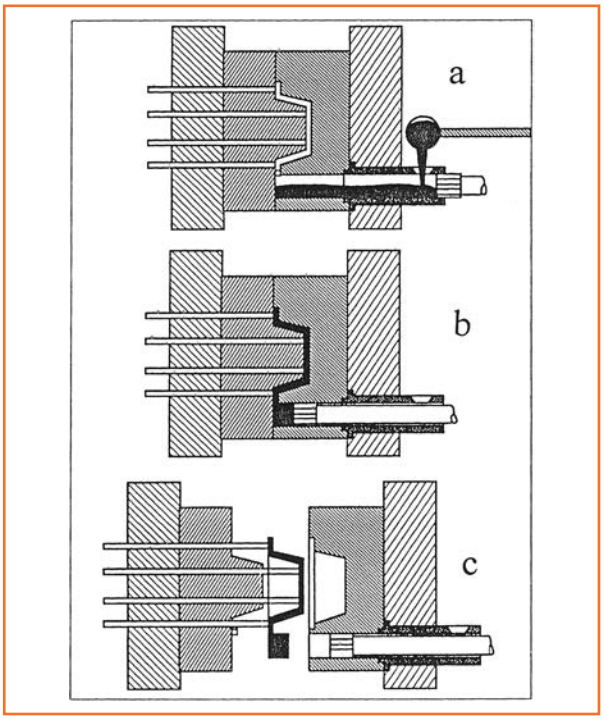


Figura 5. Representación esquemática de la sección de un molde, prensa de cámara fría, de fundición a presión o inyectada: (a) llenado; (b) compresión; y (c) expulsión.

- El rápido enfriamiento de las piezas produce una estructura de grano fino.
- El moldeo en coquilla se puede fácilmente automatizar.

2.1.1. *Composición química de las aleaciones de aluminio para moldeo*

El grupo ha sido diseñado para que todas las aleaciones que lo componen proporcionen calidades de moldeo idóneas, con fluidez y capacidad de alimentación. Son aleaciones capaces de obtener moderados valores de resistencia mecánica, de resistencia a la corrosión, y de ductilidad.

Las composiciones químicas del grupo de aleaciones para moldeo difieren sensiblemente de las del grupo de aleaciones para forja, ya que por principio aquéllas son aleaciones más cargadas de aleación, y de las cuales solamente se pueden obtener piezas mediante fusión y colada. De acuerdo con las actuales normas **UNE-EN 1706/2011**, –***el aluminio y las aleaciones de aluminio para moldeo***– el conjunto de aleaciones que lo forman está constituido por distintos grupos de aleaciones, que se clasifican atendiendo preferentemente al aleoelemento principal de aleación presente en cada una de las aleaciones de su grupo. Se consideran los grupos indicados en la **tabla II** y su equivalencia con los de las normas **A A** [Aluminum Association (USA)].

GRUPO	NORMA A A (USA)
Aluminio	1XX.Y
Aleaciones Al-Cu	2XX.Y
Aleaciones: Al-Si-Mg; Al-Si-Cu; Al-Si-Cu-Mg	3XX.Y
Aleaciones Al-Si	4XX.Y
Aleaciones Al-Mg	5XX.Y
Aleaciones Al-Zn	7XX.Y

***Tabla II**. Grupos de aleaciones de aluminio para moldeo, y equivalencia con los de las normas **A A** [Aluminum Association (USA)].*

Como recordatorio: en nuestro país las antiguas normas **UNE**; la designación y composición de las aleaciones de aluminio, estaban enmarcadas en una clasificación general de los productos metalúrgicos. Para las aleaciones de aluminio, establecían una clase que se designa con la letra **L** [**L** = Aleaciones ligeras]; clasificándose en grupos, e individuos.

A las aleaciones para moldeo indicadas dentro de cada grupo, les corresponde la designación de la actual norma **UNE-EN 1706/2011**. En la **tabla III** se presentan las aleaciones más usuales de dicha norma y sus equivalencias con las aleaciones de

DESIGNACIÓN VIGENTE UNE-EN 1706/2011		DESIGNACIÓN ANTIGUA [ESPAÑA]		USA
NUMÉRICA	SIMBÓLICA	NUMÉRICA	SIMBÓLICA	A A
—	Al-99,7E	L-2051	Al-99,7	100.1
EN AC-21000	EN AC-Al-Cu4MgTi	L-2140	Al-4CuMgTi	204.0
EN AC-42000	EN AC-AlSi7Mg	L-2651	Al-7SiMg	356.0
EN AC-42100	EN AC-AlSi7Mg0,3	L-2652	Al-7Si0,3Mg	A356.0
EN AC-42200	EN AC-AlSi7Mg0,6	L-2653	Al-7Si0,6Mg	357.0
EN AC-43100	EN AC-AlSi10Mg	L-2560	Al-10SiMg	360
EN AC-43400	EN AC- AlSi10Mg (Fe)	L-2561	Al-10SiMgFe	-
EN AC-44000	EN AC-ALSi11	L-2522	Al-11Si	-
EN AC-44100	EN AC-AlSi12	L-2520	Al--12Si	B413.0
EN AC-45000	EN AC-AlSi6Cu4	L-2620	Al-6Si4Cu	319
EN AC-45100	EN AC-AlSi5Cu3Mg	L-2610	Al-5Si3Cu	363.0
EN AC-45300	EN AC-AlSi5Cu1Mg	L-2571	Al-5SiCuMg	355.0
EN AC-46000	EN AC-AlSi9Cu3 (Fe)	L-2631	Al-9Si3CuFe	380
EN AC-46500	EN AC-AlSi9Cu3 (Fe)(Zn)	L-2630	Al-9Si3CuZnFe	-
EN AC-47000	EN AC-AlSi12 (Cu)	L-2530	Al-12SiCu	-
EN AC-47100	EN AC-AlSi12Cu1 (Fe)	L-2521	Al-12Si1CuFe	-
EN AC-48000	EN AC-AlSi12CuNiMg	L-2551	Al-12SiCuNiMg	336
EN AC-51000	EN AC-AlMg3	L-2340	Al-3Mg	-
EN AC-52000	EN AC-AlMg9	L-2310	Al-9Mg	518.0
EN AC-71000	EN AC-AlZn10Si8Mg	L-2710	Al-10Zn8SiMg	-

***Tabla III**. Principales aleaciones de aluminio para moldeo de la actual norma **UNE-EN 1706/2011** y equivalencias con las aleaciones de las antiguas normas **UNE** y, también, con las normas **A A** [Aluminum Association (USA)].*

Grupo aleación	Designación aleación		Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Ni %	Zn %	Pb %	Sn %	Ti %	Aluminio
	Numérica	Simbólica												
Al	-	99,7E	0,07	0,20	0,01	0,005	0,02	0,005	-	0,004	-	-	-	99,7
AlCu	EN AC-21000	EN AC-Al Cu4MgTi	0,20	0,35	4,2÷50	0,10	0,15÷0,35	-	0,05	0,10	0,05	0,05	0,15÷0,30	Resto
AlSi7Mg	EN AC-42000	EN AC-Al Si7Mg	6,5÷7,5	0,55	0,20	0,35	0,20÷0,65	-	0,15	0,15	0,15	0,05	0,25 (0,20)	Resto
"	EN AC-42100	EN AC-Al Si7Mg0,3	6,5÷7,5	0,19	0,05	0,10	0,25÷0,45	-	-	0,07	-	-	0,25 (0,18)	Resto
"	EN AC-42200	EN AC-Al Si7Mg0,6	6,5÷7,5	0,19	0,05	0,50÷0,7	0,25÷0,70	-	-	0,07	-	-	0,25 (18)	Resto
AlSi10Mg	EN AC-43100	EN AC-Al Si10Mg(b)	9,0÷10,0	0,55	0,10	0,45	0,20÷0,45		0,05	0,10	0,05	0,05	0,15	Resto
"	EN AC-43400	EN AC-Al Si10Mg(Fe)	9,0÷10,0	1,00	0,10	0,55	0,20÷0,50	-	0,15	0,15	0,15	0,05	0,20 (15)	Resto
AlSi	EN AC-44000	EN AC-Al Si11	10,0÷11,8	0,19	0,05	0,10	0,45	-	-	0,07	-	-	0,15	Resto
"	EN AC-44100	EN AC-Al Si12(b)	10,5÷13,5	0,65	0,15	0,55	0,10	-	0,10	0,15	0,10	-	0,20 (0,15)	Resto
AlSi5Cu	EN AC-45000	EN AC-Al Si6Cu4	5,0÷7,0	1,00	3,0÷5,0	0,20÷0,7	0,55	0,15	0,45	2,00	0,30	0,15	0,25 (0,20)	Resto
"	EN AC-45100	EN AC-Al Si5Cu3Mg	4,5÷6,0	0,60	2,6÷3,6	0,55	0,15÷0,45	-	0,10	0,20	0,10	0,05	0,25 (0,20)	Resto
"	EN AC-45300	EN AC-Al Si5Cu1Mg	4,5÷5,5	0,65	1,0÷1,5	0,55	0,35÷0,65	-	0,25	0,15	0,15	0,05	0,25 (0,20)	Resto
AlSi9Cu	EN AC-46000	EN AC-Al Si9Cu3(Fe)	8,0÷10,0	1,30	2,4÷4,4	0,55	0,05÷0,55	0,15	0,55	1,20	0,35	0,15	0,25 (0,20)	Resto
"	EN AC-46500	EN AC-Al Si9Cu3(Fe)(Zn)	8,0÷11,0	1,30	2,0÷4,0	0,55	0,05÷0,55	0,15	0,55	3,00	0,35	0,15	0,25 (0,20)	Resto
AlSiCu	EN AC-47000	EN AC-Al Si12(Cu)	10,0÷13,5	0,80	1,00	≤0,55	0,35	0,10	0,30	0,55	0,20	0,10	0,20 (0,15)	Resto
"	EN AC-47100	EN AC-Al Si12Cu1(Fe)	10,0÷13,5	1,30	0,7÷1,20	0,55	0,35	0,10	0,30	0,55	0,20	0,10	0,20 (0,15)	Resto
AlSiCuNiMg	EN AC-48000	EN AC-Al Si12CuNiMg	10,0÷13,5	0,70	0,8÷1,15	0,35	0,8÷1,15	-	≤1,3	0,35	-	-	0,25 (0,20)	Resto
AlMg	EN AC-51000	EN AC-Al Mg3	0,55	0,55	0,05	0,45	2,5÷3,50	-	-	0,10	-	-	0,20 (0,15)	Resto
"	EN AC-51200	EN AC-Al Mg9	2,50	1,00	0,10	0,55	8,0÷10,50	-	0,10	0,25	0,10	0,10	0,20 (0,15)	Resto
AlZnSiMg	EN AC-71100	EN AC-Al Zn10Si8Mg	7,5÷9,5	0,30	0,10	0,15	0,20÷0,50	-	-	9÷10,5	-	-	0,15	Resto

Tabla IV. *Composición química de las principales aleaciones de aluminio para moldeo.*

las antiguas normas **UNE**, así como de la normas **A A** [Aluminum Association (USA)].

En la **tabla IV** se recogen las composiciones químicas de las más significativas y usuales aleaciones de aluminio para moldeo, ya indicadas en la **tabla III**.

El ***aluminio*** (**Al**) comercial de grado técnico, no se utiliza prácticamente en productos moldeados; ya que, a pesar de su excelente conductibilidad y bajo peso específico, se ve afectado negativamente por una sustancial merma de sus características. Hay una sola aplicación del aluminio fundido, la cual se basa en su gran conductibilidad eléctrica.

Sabemos que la forma de aumentar sus características, –*mecánicas y tecnológicas*– es mediante la adición de otros elementos que forman solución sólida al disolverse en el metal base (**Al**): bien sea por inserción o por sustitución. Elementos tales que propicien la aparición de segundas fases, principalmente compuestos intermetálicos más duros que la solución sólida de la masa matricial donde se distribuyen y asientan.

El ***silicio*** (**Si**), adicionado en niveles comprendidos entre 5 por 100 y 12 por 100 [**Si** = (5 ÷ 12%)], es el aleoelemento más importante dentro de las aleaciones de aluminio para moldeo, dado que forma eutéctica con el aluminio. El silicio aumenta la fluidez del metal líquido; y, por tanto, incrementa la capacidad de alimentación de los moldes, fortaleciendo ciertamente al aluminio.

La adición de ***magnesio*** se aporta, especialmente, en pequeñas cantidades comprendidas entre 0,30 por 100 y 1 por 100 [**Mg** = (0,3 ÷ 1 %)], con el fin de aumentar la resistencia mecánica del material, originada por maduración o envejecimiento del material. Se utiliza en aleaciones complejas las cuales contienen otros elementos con el mismo propósito: cobre, níquel, etc.

A algunas aleaciones de este grupo se les adiciona ***cobre***, cuyos contenidos están comprendidos entre 1 por 100 y 4 por 100 [**Cu** = (1 ÷ 4 %)], con el fin de aumentar por tratamiento térmico, todavía más, la resistencia mecánica de las piezas correspondientes, especialmente cuando trabajan a temperaturas elevadas. Otros elementos de aleación: cinc (**Zn**), estaño (**Sn**), titanio (**Ti**), y cromo (**Cr**) son, ocasionalmente, incorporados a dichas aleaciones.

En ciertos casos, cuando la velocidad de solidificación del material en el molde es suficientemente rápida, posibilita la formación de una estructura de solución sólida sobresaturada; comparable en cierto grado, a la de una aleación que ha sido

solubilizada y templada. Con lo cual esas fases del ciclo de tratamiento térmico –*solubilización + temple*– no entran en juego. A tales aleaciones solamente se les realiza la fase siguiente de endurecimiento estructural por precipitación, –*maduración o envejecimiento*– una vez extraídas las piezas del molde.

Un ejemplo de aplicación de esta forma de tratamiento térmico –*maduración o envejecimiento*– lo tenemos, ocasionalmente, en algunas de las aleaciones ***silicio-magnesio*** que se utilizan, preferentemente, para la fabricación de pistones para motores de automoción. Las piezas, después de extraídas de los moldes, sólo necesitan un proceso de maduración o envejecimiento, para que se produzca en ellas el correspondiente endurecimiento estructural.

En la **tabla IV**, reiteramos, se dan las composiciones químicas, con los contenidos (%) de los elementos principales, de las aleaciones de aluminio para moldeo más usuales. El conjunto de aleaciones que lo forman está constituido por distintos grupos, que se clasifican atendiendo a los principales elementos de aleación de cada uno de ellas:

2.1.1.1. *Aleaciones para moldeo del grupo aluminio*

El aluminio (**Al**), como tal aleación, –Al-99,7E– apenas se utiliza en piezas de moldeo, casi siempre se emplea en productos de forja; prefiriéndose, en la mayoría de los casos, aleaciones cuyas características sean especialmente aptas para cada caso en particular. Prácticamente no se utilizan, reiteramos, en productos moldeados, por lo que constituyen una excepción el empleo del aluminio fundido. Su aplicación en moldeo se limita, preferentemente, a algunas piezas para la industria química, y en rotores para pequeños motores eléctricos.

2.1.1.2. *Aleaciones para moldeo del grupo aluminio-cobre*

El cobre (**Cu**), elemento principal de aleación, hace bonificables a todas las aleaciones de este grupo. El contenido de cobre, en la composición del conjunto de aleaciones que forman el grupo, está comprendido entre 4 por 100 y 6 por 100 [**Cu** = (4 ÷ 6%)]. El compuesto intermetálico ***aluminio-cobre*** (**$CuAl_2$**), es elemento fundamental para el endurecimiento estructural del material, con el que se consigue la máxima dureza y resistencia mecánica.

Las ventajas de la adición de cobre radica en la mejora de la resistencia y dureza a temperaturas elevadas; por lo que, prácticamente, todas las aleaciones del grupo encuentran aplicación en tales niveles de temperatura. Sin embargo, su fluidez es limitada y su moldeabilidad es asimismo muy relativa. También disminuye, progresivamente, la capacidad de deformación y la resiliencia con el contenido (%) de cobre.

Una de las aleaciones más significativas y utilizadas del grupo **aluminio-cobre**, es la aleación AC EN-Al Si6Cu4, –*equivalente a la denominación* **L-2620** *de las antiguas normas* UNE– con niveles de cobre entre 3 por 100 y 5 por 100 [**Cu** = (3 ÷ 5%)]. Mediante el tratamiento térmico de ***bonificado*** [solubilización + temple + maduración], dicha aleación presenta una excelente combinación de resistencia mecánica y ductilidad. Es fundida en molde de arena y utilizada para volantes en automoción, ejes traseros, llantas para ruedas de camiones y de otros vehículos pesados, llantas para ruedas de aviones, cárteres de motores de automóvil en general, etc.

Se comercializan todavía algunas aleaciones de la antigua norma **UNE**, que contienen cobre comprendido entre 2 por 100 y 5 por 100, [**Cu** = (2 ÷ 5%)]; **p.ej.**: la aleación **L-2630** –*equivalente a la aleación de la actual norma* EN AC-AlSi9Cu3(Fe)Zn– con aportaciones sustanciales de silicio (**Si**), de hierro (**Fe**), y de cinc (**Zn**).

Todas las aleaciones del grupo se distinguen por su excelente resistencia mecánica, alta maquinabilidad, débil índice de contracción, y un coeficiente de dilatación relativamente bajo. El cobre (**Cu**) proporciona la mayor dureza y resistencia, así como las mayores propiedades de mecanizado; mientras que el silicio (**Si**) mejora las propiedades de colada.

Las aplicaciones típicas de la aleación EN AC-AlSi6Cu4 son: ménsulas y estructuras para máquinas de escribir, cuerpos múltiples para válvulas, recipientes y tanques para gasolina y aceites industriales, etc. La presencia de un medio/alto silicio [**Si** = (5 ÷ 7%)] en este grupo de aleaciones incrementa la fluidez de colada, y permite la obtención de piezas de secciones muy delgadas; **p.ej.**: cajas, placas para cubierta, pistones para frenos hidráulicos, etc.

(Continuará)

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

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

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

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

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

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

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

SILVIA BACCO

TRADUCCIONES: SECTOR FUNDICIÓN

INGLÉS-FRANCÉS-ESPAÑOL

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

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

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
TÜV CERT DIN EN ISO 9001:2000
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

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
servicio técnico
instrumentación
calibración insitu
calibración TUS
cámara termografica
todo en temperatura
Indicadores
consultoria AMS-2750-D
calibración SAT
expertos en normativa aeronáutica
Ribera de Axpe,11,d2,L203,48950 Erandio tel.944765276 sci@sciempresa.com

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

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

SPECTRO
Driven to Discover

Espectrómetros
para analizar metales

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

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

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

www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 48
APLITEC 47
ARROLA . . . . . Contraportada 4
B.M.I. 47
BOREL SWISS 49
DEGUISA 47
EHAFF 15
EMISON 47
ENTESIS 47
FERROFORMA . . . . . Contraportada 2
FLEXINOX 47
HEA 7
HORNOS DEL VALLÉS 47
HOT 25
INSERTEC . . . . . PORTADA
INTERBIL 5
METALMADRID 11
OERLIKON LEYBOLD VACUUM . . . 49
ONDARLAN 9
POMETON 48
PROYCOTECME 47
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 48
SAFE 19
SOLO SWISS 49
SPECTRO 49
SUBCONTRATACIÓN 13
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN . . . 21
TECNYMAT 23
WHEELABRATOR 48

Próximo número

DICIEMBRE

Gases especiales. Atmósferas. Fuentes de energía. Dispositivos ópticos. Equipos e instrumentos de control y medición. Hornos de temple, revenido. Lubricantes. Hornos de gas y electricidad. Tratamiento térmico de moldes. Transporte y elevación. Tratamiento de superficies. Hornos de cinta. 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