



Te ofrecemos muchas razones para unirse a nosotros.  
**Contáctanos!**

Participa en:



**FUNDIGEX cuenta contigo**

FUNDIGEX es la única asociación española del sector de la fundición especializada principalmente en la exportación. Para ello dispone de una amplia gama de recursos, personal y relaciones institucionales que facilitan la labor internacional de las empresas a través de información, externalización de servicios, organización y ayudas públicas. [www.fundigex.es](http://www.fundigex.es)



# FUNDI *Press*

REVISTA DE LA FUNDICIÓN

[www.pedeca.es](http://www.pedeca.es)



## EURO-EQUIP

INGENIERÍA Y EQUIPOS PARA FUNDICIÓN

*Felices Fiestas*



Desde la máquina más simple,  
 hasta la más compleja instalación llave en mano.

Representante exclusivo para España y Portugal:

## EURO-EQUIP

INGENIERÍA Y EQUIPOS PARA FUNDICIÓN

Póligono Industrial La Cruz - Parcela 4-5 - 48196 Lezama (SPAIN) • Tel.: (34) 944 761 244 - FAX: (34) 944 761 247 • E-mail: [euroequip@euroequip.es](mailto:euroequip@euroequip.es)

[www.euroequip.es](http://www.euroequip.es)



FILTROS UDICELL™

# Siempre en forma



Los filtros UDICELL™ son pioneros en la colada de hierro y acero:

- ✓ Filtrado altamente eficiente del metal fundido y menores turbulencias
- ✓ Velocidades de flujo y tiempos de llenado del molde constantes
- ✓ Resistencia a temperaturas de hasta 1.700°C
- ✓ Disponibles en diferentes composiciones y tamaños
- ✓ Formas de filtro personalizadas

Para obtener más información consulte [www.ask-chemicals.com](http://www.ask-chemicals.com)



**ASKCHEMICALS**  
We advance your casting



# INFORMACIÓN DE CALIDAD

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL



**9 NÚMEROS ANUALES**

**115 €**  
(I.V.A. incluido)  
Edición Nacional

**150 €**  
(I.V.A. incluido)  
Edición Internacional



**6 NÚMEROS ANUALES**

**90 €**  
(I.V.A. incluido)  
Ed. Nacional



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



**5 NÚMEROS ANUALES**

**65 €**  
(I.V.A. incluido)  
Ed. Nacional

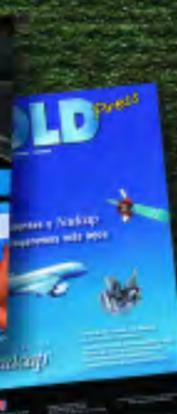


**85 €**  
(I.V.A. incluido)  
Ed. Internacional



**6 NÚMEROS ANUALES**

**90 €**  
(I.V.A. incluido)  
Ed. Nacional



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

**PEDECA press** Publicaciones



**Euro-Equip** continúa suministrando equipos tecnológicamente punteros a las fundiciones españolas, como lo hace ya desde hace casi 40 años tanto con tecnología propia, bien colaborando con primeras firmas mundiales. Dentro de esta estrategia a ha ampliado en los últimos años esas colaboraciones con firmas como Simpson technologies, Inspectomation o Pourtech. Todas ellas líderes mundiales en sistemas tan complejos como son la visión artificial o el empleo de tecnología láser.

**Euro-Equip** se ha marcado como objetivo aumentar su presencia en el mercado internacional, para lo que ha actuado en dos direcciones, una la representa el acuerdo de fabricación bajo licencia japonesa de un rompecanales que Euro-Equip distribuye prácticamente a nivel mundial, con más de 180 unidades vendidas en todo el mundo a firmas tan prestigiosas como las úl-

timas referencias instaladas en +GF+ en Alemania, La Font Ardenaise en Francia, Intat en USA, etc. Y la otra, el desarrollo de equipos propios, como son el evolucionado inoculador automático que monta en exclusiva ABP en sus unidades de colada en todo el mundo, así como lo hace también KOINS en Asia, Viling en USA y Pourtech en Europa. A esto habría que añadir desarrollos propios como el sistema de control Fastpour y el sistema semiautomático de dosificación de material refractario para hornos de inducción, que permite una menor exposición del operario a la sílice.

**EURO-EQUIP, S.L.**

Tel: 944761244

Fax 944761247

Mail [euroequip@euroequip.es](mailto:euroequip@euroequip.es)

[www.euroequip.es](http://www.euroequip.es)

## Sumario • DICIEMBRE 2012 - Nº 44

Editorial 2

Noticias 4

Nuevo Libro "Aceros para aplicaciones en frío" • Loctite 3090 • Air Liquide compra la empresa rusa Lentechgas • Air Products, inaugura en Rusia una nueva Unidad de Separación de Gases.

Información

- Nuevas oportunidades de negocio en Cumbre Industrial y Tecnológica 2013 8
- Quick Dry: Refractarios monolíticos de secado rápido 10
- Lost Core de Bühler: La nueva tecnología de fundición a presión abre un campo de aplicaciones muy variado 14
- ASK Chemicals invierte en una nueva planta de fabricación en la India 16
- 3ª Reunión AFUMSE - Por Inmaculada Gómez 18
- Instalación flexible robotizada Trebi para el rebabado de piezas fundidas y forjadas 20
- METALMADRID 2012 22
- Laboratorio de Investigaciones Metalográficas y Metalotecnia 24
- Argentina realiza EXPOFUN-COLFUN 2012 - Por Silvia Bacco 26
- UNESID organizó un seminario sobre detección de fuentes radiactivas 28
- ¿Qué nos dice el microscopio sobre el hierro fundido? (y Parte II) - Por Jordi Tartera, Montserrat Marsal, Núria Llorca-Isern, Joan Francesc Pellicer, Edurne Ochoa de Zabalegui, Alexandra Hatton, Gonzalo Varela Castro e Isaac López-Insa 30
- "Aluminium High Pressure Die Casting Seminar" - Por Instituto de Fundición TABIRA 38
- Nuevos desarrollos para instalaciones y procesos en la técnica de hornos de inducción - Por Otto Junker 44
- Moldeo a terraja de una hélice (Parte I) - Por Enrique Tremps Guerra y José Luis Enríquez 50
- Inventario de Fundición - Por Jordi Tartera 57

EMPLEO 58

Guía de compras 59

Índice de Anunciantes 64

Síguenos en



**Director:** Antonio Pérez de Camino  
**Publicidad:** Carolina Abuín  
**Administración:** María González Ochoa  
**Director Técnico:** Dr. Jordi Tartera  
**Colaboradores:** Inmaculada Gómez, José Luis Enríquez, Antonio Sorroche, Joan Francesc Pellicer, Manuel Martínez Baena y José Expósito

**PEDECA PRESS PUBLICACIONES S.L.U.**

Goya, 20, 4º - 28001 Madrid  
 Teléfono: 917 817 776 - Fax: 917 817 126  
[www.pedeca.es](http://www.pedeca.es) • [pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es)

ISSN: 1888-444X - Depósito legal: M-51754-2007

Diseño y Maquetación: José González Otero  
 Creatividad: Víctor J. Ruiz  
 Impresión: Villena Artes Gráficas

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. FUNDI PRESS se publica nueve veces al año (excepto enero, julio y agosto). 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 artículos publicados en FUNDI PRESS sin previo acuerdo con la revista.

Asociaciones colaboradoras



## Editorial

# 2012 +1

En estas fechas tradicionales que tanto nos gusta “desear para los demás”, queremos felicitarles las Fiestas y que el próximo año nos traiga por fin esa ansiada recuperación que buscamos.

El próximo año tiene que ser mejor, tenemos que conseguir de una vez por todas salir adelante y aunque a los supersticiosos les cueste, demostrar que el 2012 +1 (como le gusta decir a nuestro Ángel Nieto, 12 +1 veces Campeón del Mundo), tiene que ser el año que marque el inicio del ascenso.

Todos los que hacemos posible la revista **FUNDI Press**, les deseamos unas **Felices Fiestas y un Próspero Año Nuevo**.

*Antonio Pérez de Camino*

**GENERAL**

**KINEMATICS**

[www.generalkinematics.com](http://www.generalkinematics.com)

## Fundición Equipos y Sistemas

Consultas y Asistencia  
para España | Teléf.: 943 464 599  
Mail: [mih.ing@vodafone.es](mailto:mih.ing@vodafone.es)



**soluciones  
rentables**

**Equipos de proceso vibratorio en vanguardia  
para la industria de la fundición**

## Nuevo Libro “Aceros para aplicaciones en frío”

La gran mayoría de los objetos con los que estamos diariamente en contacto han sido fabricados en parte o en su totalidad con herramientas construidas a partir de aceros especialmente elaborados para este fin. Entre estos objetos que nos rodean y que forman parte de nuestra vida cotidiana podemos citar los electrodomésticos, utensilios de cocina, aparatos eléctricos y electrónicos, equipos de música, televisores, teléfonos, automóviles, material de oficina y muchos otros más. En cada uno de estos objetos hay alguna pieza o componente que ha sido fabricado por cualquiera de los muchos procesos existentes para aplicaciones en frío. En muchos casos, todas las piezas o gran parte de ellas han sido elaborados con algún tipo proceso en frío.

Los aceros utilizados para la construcción de estas herramientas para trabajos en frío requieren unas características especiales que los diferencian de

los aceros destinados a aplicaciones en caliente o el moldeado de plásticos.

También la metalurgia, el tratamiento térmico y los procesos destinados a potenciar sus características físicas y mecánicas se diferencian de los métodos utilizados en los aceros destinados a otras aplicaciones.

Este libro se compone de dos partes. La primera de ellas se dedica a los procesos metalúrgicos empleados en la elaboración de estos aceros para trabajos en frío, seguidamente se estudian los tratamientos térmicos a los que son expuestos, destacando aquellos que son especialmente recomendados para la obtención de unas propiedades óptimas y por último se exponen las propiedades mecánicas más destacadas.

En la segunda parte hacemos una exposición de los procesos más destacados en las aplicaciones en frío, desde los procesos de corte convencional y corte fino hasta los procesos de conformado, doblado, cizallado, prensado etc. Dedicamos una atención especial a los procesos de sinterizado, extrusión y forja en frío, tornillería y otros métodos.

Info 2

### Loctite 3090

Con Loctite 3090 de Henkel los profesionales de la reparación de automóviles comprobarán cómo la tecnología más avanzada se pone a su servicio para hacer su trabajo más fácil, rápido y eficaz.

Este innovador adhesivo instantáneo bicomponente de fijación rápida y elevada capacidad para rellenar holguras, basa sus grandes prestaciones en 4 puntos clave:

1. Innovación: Es el primer cianoacrilato bicomponente que rellena holguras de hasta 5 mm.
2. Sin límites: No gotea, su fórmula en gel permite su aplicación vertical de una forma limpia y precisa, gracias a sus boquillas de aplicación.
3. Multisustrato: Permite una perfecta adhesión en diversos materiales tales como plásticos y metales.
4. Rapidez: Garantiza una elevada resistencia y un rápido curado (entre 90 y 150 segundos).



Loctite 3090, combina las ventajas de alta adhesión a una gran variedad de materiales con una gran resistencia mecánica y una perfecta adhesión a superficies irregulares, porosas o en las que la unión requiera aporte de material.



Su capacidad de relleno de holguras le permite no solo unir, sino reparar y reconstruir piezas tan diversas como ópticas y patillas de faros, soportes y anclajes de paragolpes, piezas plásticas en carrocería de automoción y en general todo tipo de substratos de difícil adhesión con pequeños desperfectos.

Info 3





La **solución** para el tratamiento de superficies  
**Granalladoras - Equipos de chorreado - Filtros de aspiración**



**Talleres ALJU, S.L.**

Ctra. San Vicente, 17 - 48510 VALLE DE TRÁPAGA - VIZCAYA - ESPAÑA  
Telf.: +34 944 920 111 Fax: +34 944 921 212 - e-mail: alju@alju.es

[www.alju.es](http://www.alju.es)

## Air Liquide compra la empresa rusa Lentechgas

El noroeste de Rusia es la 2ª región del país en cuanto a producción industrial. Es una zona clave para los sectores del automóvil, astilleros navales y agroalimentarios, tres sectores en fuerte crecimiento cuyas necesidades en gases industriales son cada vez más importantes. Puesto que cerca del 10% de la población rusa se concentra en esta región, el mercado de gases medicinales también es importante y continúa su desarrollo.

Air Liquide acaba de adquirir la empresa Lentechgas, situada en San Petersburgo, que es líder en el noroeste del país en el mercado de los gases industriales. Lentechgas dispone de una importante cuota de mercado en los gases licuados y acondicionados en botellas y es también un actor importante en el campo de la salud. Actualmente, Lentechgas tiene más de 200 empleados y su cifra de negocios superó los 10 millones de euros en 2011.

Air Liquide ya opera un centro de acondicionado en San Petersburgo y esta adquisición del líder regional ampliará de forma significativa su presencia en esta región clave del país.

Air Liquide va a invertir en una nueva unidad de separación de gases del aire con tecnología punta y con una capacidad de producción de 200 toneladas al día de oxígeno y nitrógeno líquidos. El montante total de la inversión para esta planta asciende a unos 40 millones de euros.

Guy Salzgeber, Director de Europa del Norte y Central y miembro del Comité Ejecutivo de Air Liquide,

ha declarado: « Estamos encantados de acoger a estos nuevos colaboradores en el seno del Grupo. Rusia es una economía en crecimiento que moderniza sus infraestructuras de producción industrial. Air Liquide está satisfecho de participar en este nuevo desarrollo. Después de la adquisición de Logika en Moscú a principios del 2012, esta adquisición refuerza nuestra posición en Rusia. Esta operación ilustra nuestra estrategia que consiste en focalizar nuestra expansión geográfica en las principales regiones en crecimiento. Las Economías en desarrollo son uno de los ejes de crecimiento del Grupo. »

Info 4

## Air Products, inaugura en Rusia una nueva Unidad de Separación de Gases

El grupo Air Products, al que pertenece Carbueros Metálicos, ha inaugurado en Rusia una nueva Unidad de Separación de Aire (ASU), diseñada para responder a las necesidades de gases industriales de los centros de producción que la empresa petroquímica Sibur tiene en la región de Rostov. La compañía, líder mundial en el sector de gases, ha elegido esta zona para ubicar la nueva planta como parte de su estrategia de expansión en regiones en crecimiento.

Air Products ha firmado un acuerdo con Sibur, mediante el cual se encargará de la gestión y mantenimiento de la nueva planta, diseñada para dar respuesta a las necesidades de gases comprimidos de los principales centros de producción de la zona. La recién inaugurada ASU tiene capa-



cidad para producir hasta 166,4 millones de m<sup>3</sup> al año. La iniciativa materializa la voluntad de Air Products de ofrecer a sus clientes gases comprimidos y gases licuados de gran calidad.

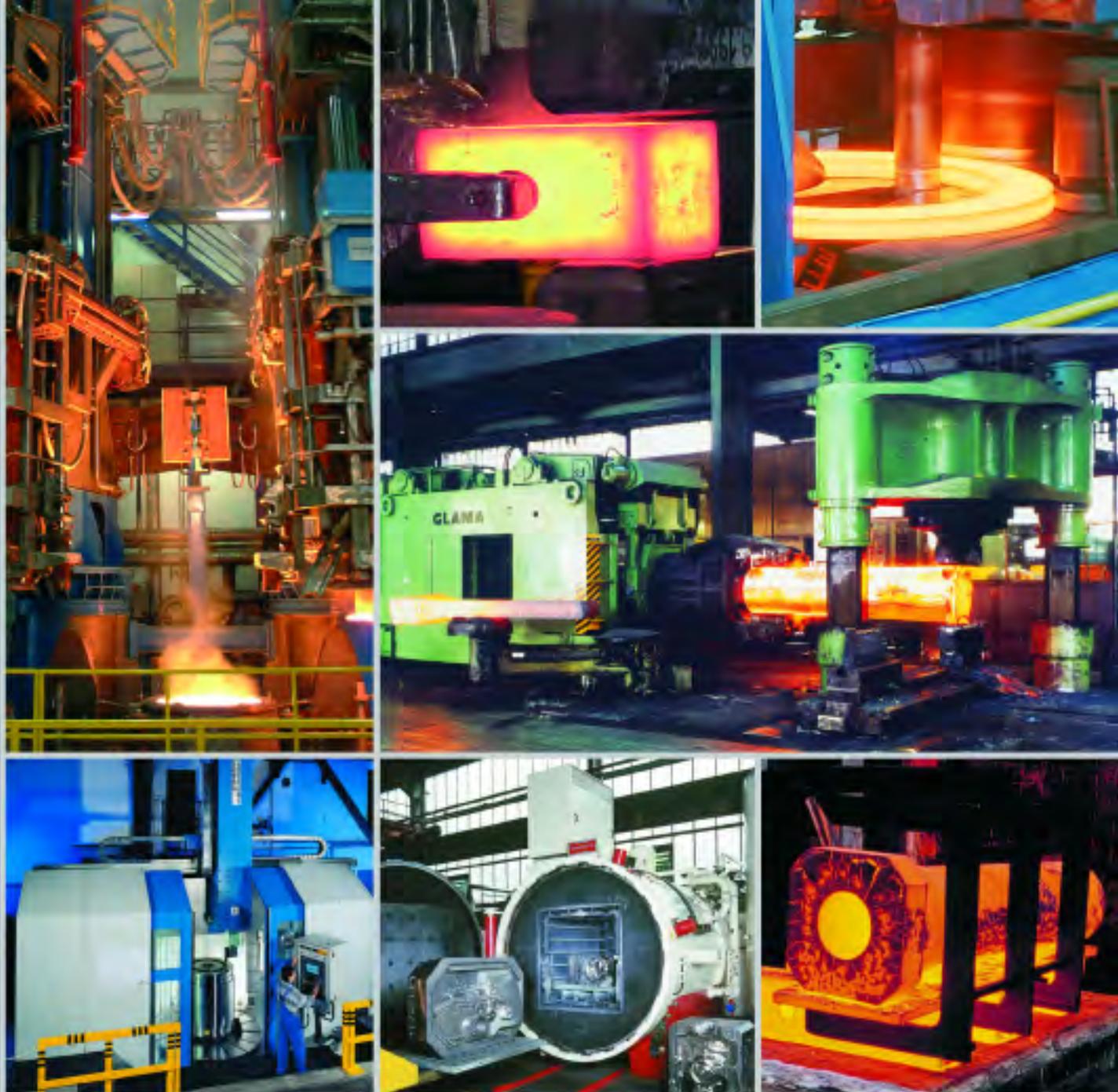
"Para nosotros es fundamental trabajar estrechamente con nuestros clientes para poder ofrecerles productos y servicios de calidad diseñados especialmente para ellos. La construcción de instalaciones para producir gas in situ, como esta planta, nos permite ampliar nuestra capacidad para responder a las demandas de las empresas de la zona, mejorando su eficiencia energética y productividad al mismo tiempo" afirma Rob Mills, Director General en Rusia y en la Comunidad de Estados Independientes (CEI).

El grupo Air Products ha firmado también un acuerdo para construir en la región un licuefactor de oxígeno, nitrógeno y argón con capacidad para producir 200 toneladas al día, que entrará en funcionamiento a principios de 2014 y que supondrá una inversión total de más de 25 millones de euros.

El Grupo cuenta con Unidades de Separación del Aire en todo el mundo, entre las que se incluye la ASU ubicada en Sagunto, fruto de la joint venture entre Carbueros Metálicos, del grupo Air Products, y Abelló Linde. La nueva planta empezará a funcionar a principios de 2013 y producirá aproximadamente 400 toneladas por día de oxígeno, nitrógeno y argón.

Info 5

WWW.KIND-CO.DE



## Soluciones excepcionales del acero para herramientas

- Más de 120 años de experiencia en la producción de aceros para herramientas, tanto convencionales como los más avanzados.
- Desde la fundición de chatarra hasta el acabado de piezas mecanizadas todo en un único proveedor.
- Equipo técnico cualificado y con experiencia.
- Aceros para herramientas de gran calidad, caracterizados por altos niveles de conductividad térmica y resistencia al desgaste.

**KIND&CO**  
EDELSTAHLWERK

Representative for Spain  
Carlos Viñallonga Gurri  
Avenida Onze de Setembre, Nr. 25, bajos  
08170 Montornès del Valles  
(Barcelona) España

Phone: +34 (0) 93 5720810  
Fax: +34 (0) 93 5686280  
Mobil: +34 (0) 638 815342  
kind-cospain@hotmail.com  
www.kind-co.de

# Nuevas oportunidades de negocio en Cumbre Industrial y Tecnológica 2013

La Cumbre Industrial y Tecnológica ofrecerá nuevas oportunidades de negocio a la industria los días 1 a 4 de octubre de 2013, en una exposición dirigida a los sectores más representativos de las áreas de subcontratación y cooperación interempresarial, maquinaria y suministros para fundición, forja, laminación, tratamiento de superficies y automatización.

La internacionalización, con la presencia destacada de Alemania como país invitado, será una de las principales apuestas de la campaña comercial, en la que sus responsables trabajan ya con un objetivo claro: crear un punto de encuentro único para la búsqueda de contratistas, nuevos clientes, colaboradores, distribuidores o intermediarios en nuevos sectores y mercados exteriores, en una feria especialmente rentable para la promoción de la pequeña y mediana empresa.

Un total de 888 expositores estuvieron presentes en 2011 en este espacio multisectorial único, en el que participaron delegaciones de contratistas-compradores de 14 países. Las encuestas reflejaron una mejora en los índices de satisfacción y cumplimiento de objetivos de 4 puntos sobre los resultados de las dos anteriores ediciones, y una valoración alta de la calidad del visitante.

## ALEMANIA, UN MERCADO "CLAVE"

Tras el éxito de 2011, en el que la Cumbre Industrial y Tecnológica incorporó la figura de País Invitado de Honor dedicándosela a Francia, los responsables del certamen trabajan de nuevo en esta fórmula, centrando sus esfuerzos en el mercado alemán.

La industria y la tecnología son dos importantes pilares de este país, que actualmente lidera la economía europea y está especializado en el desarrollo y la fabricación de bienes industriales complejos y tecnologías de producción innovadoras. La presencia destacada de Alemania en la Cumbre 2013 permitirá reforzar el intercambio comercial en los sectores más fuertes, como por ejemplo el ferroviario, el aeroespacial, la automoción y la máquina-herramienta.

Esta iniciativa incluirá, además, un programa de jornadas y conferencias, con información sectorial especializada y análisis de oportunidades de negocio, así como una agenda de entrevistas entre contratistas alemanes y expositores.

## AEROTRENDS 2013

Gracias al acuerdo alcanzado entre Bilbao Exhibition Centre y la Asociación Clúster de Aeronáutica y Espacio HEGAN, la Cumbre acogerá una nueva edición de AEROTRENDS, Encuentro Aeroespacial de Negocios. Esta cita estratégica, de carácter internacional, integrará en su programa como punto fuerte un espacio de entrevistas para contratistas y proveedores, además de conferencias en torno a las tendencias del sector.

Desde su creación en el año 2000, más de 100 ponencias y cerca de 650 reuniones de negocio han consolidado AEROTRENDS como el encuentro de este ámbito de mayor repercusión realizado en España, y una cita ineludible para los agentes aeronáuticos de toda Europa.

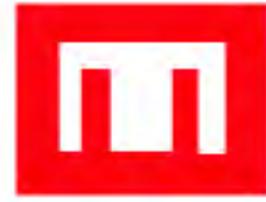


# ROBOMATICA

FERIA DE LA ROBÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN



junto a

 **metal**madrid  
23 y 24 Octubre 2013

Toda la **industria** y la  
**innovación** en las  
**aplicaciones mecánicas**  
en un **único espacio.**

[www.metalmadrid.com](http://www.metalmadrid.com)

[www.robomatica.es](http://www.robomatica.es)

# Quick Dry: Refractarios monolíticos de secado rápido

## 1. Introducción de Calderys

Calderys es una empresa mundial en la fabricación de refractarios monolíticos, resultante de la fusión de 2 grandes grupos: Plibrico Internacional y Lafarge Refractories. El resultado de la integración de estas 2 grandes empresas, así como su crecimiento posterior continuo, ha hecho de Calderys un grupo empresarial que presenta los siguientes números:

- Facturación anual superior a los 500 millones de euros (datos de 2011).
- Más de 2.000 empleados.
- 17 plantas de producción localizadas en 15 países.
- 3 Centros de Investigación, Desarrollo e Innovación.
- 11 Centros de Ingeniería.
- Más de 1.000 productos bajo las marcas comerciales
- Más de 1.000 productos bajo las marcas comerciales CALDE™, SILICA MIX, ALKON®.

Y todo ello con el soporte adicional de ser una sociedad perteneciente al Grupo Imerys. Los productos Calderys pueden encontrarse en España a través de Deguisa S.A.

## 2. Refractarios convencionales en la Fundición

Los refractarios suponen sólo entre el 2 y el 5% del coste total de producción en una fundición, pero son productos clave para la Industria de la Fundición, pues influyen directamente en la vida y disponibilidad de los equipos, así como en la eficiencia energética de la instalación.

Los refractarios monolíticos se encuentran presentes en todas las etapas del proceso productivo de las Fundiciones: fusión, tratamiento, mantenimiento, transporte, colada, etc. Tradicionalmente, en Fundición se emplean hormigones bajos (LCC) y ultrabajos

(ULCC) en cemento en equipos como hornos cúpula, hornos de inducción, hornos de canal, cucharas, etc. Actualmente, con estos hormigones se pueden conseguir muy buenos resultados en términos de resistencia a temperaturas extremas, ataques de escoria, choques térmicos, sollicitaciones mecánicas, etc.

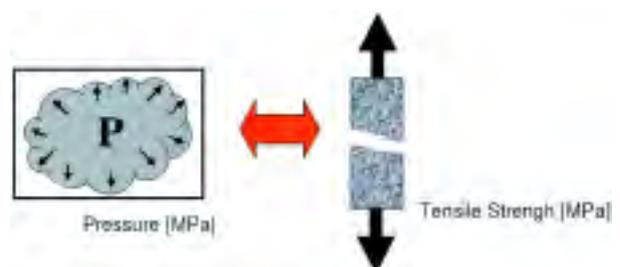
Sin embargo, la utilización de hormigones LCC y ULCC siempre se topa con 2 limitaciones durante su instalación: el tiempo de curado (24 horas) y el tiempo de secado (no menos de 96 horas habitualmente).

- Tiempo de curado: para permitir la hidratación de los aluminatos cálcicos y la formación del enlace.
- Tiempo de secado: para permitir la eliminación de agua; el endurecimiento de los productos LCC y ULCC se produce por formación de enlace hidráulico (reacción de cementos aluminosos con agua).

Los tiempos de curado y sobre todo de secado, de los LCC y ULCC implican pérdida de disponibilidad de los equipos y reducción de la producción.

Centrándonos en el secado, los refractarios monolíticos en general, y los LCC y ULCC en particular, requieren de un calentamiento muy controlado, para eliminar de forma segura el agua contenida en el refractario en 2 estados:

- Agua libre: hasta 110 °C.
- Agua de enlace: hasta 600 °C, proveniente de la deshidratación de los aluminatos cálcicos.

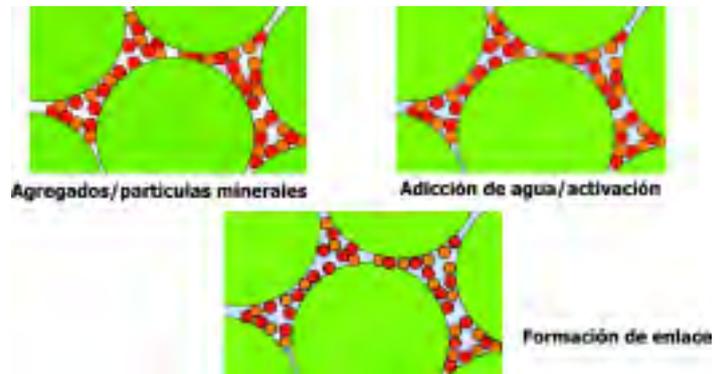


Este proceso de secado consume un tiempo muy valioso, en el mejor de los casos no inferior a 4 días, que no puede reducirse sin correr el riesgo de una explosión en el refractario, con la consiguiente destrucción del revestimiento y la puesta en peligro del propio equipo y de la integridad de las personas.



### 3. Refractarios de Secado Rápido: Quick Dry (QD)

Se trata de una nueva tecnología desarrollada por el Grupo Caldeyrs. Los materiales QD no llevan ce-



mento, su enlace no es hidráulico. El enlace se basa en gelificaciones/reacciones superficiales entre reactivos minerales ultrafinos que se producen al aportar agua al producto.

Esta tecnología presenta las siguientes ventajas con respecto a los hormigones LCC y ULCC tradicionales:

- No se necesita curado.
- La permeabilidad al vapor a bajas temperaturas es mayor, por tanto la velocidad de calentamiento también es mayor.

We measure it. **testo**

## Nuevo analizador de emisiones portátil testo 350

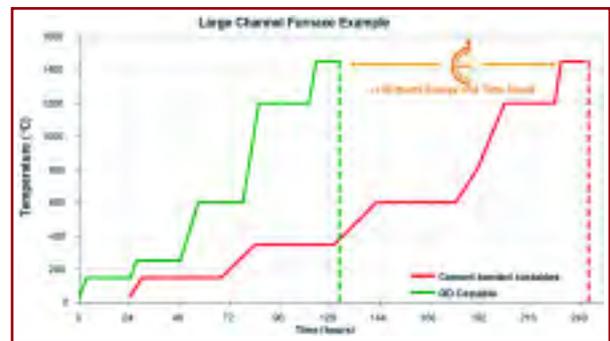
- Analizador de los Pdc's para el correcto ajuste y control de quemadores, hornos, turbinas y motores industriales.
- Pantalla a color de alta resolución para la interpretación gráfica e intuitiva de las mediciones.
- Diseño robusto para su utilización en ambientes severos.
- Medida de los parámetros medioambientales: O2, CO, CO2, NO, NO2, NOx, SO2, H2S, CxHy, Tº, %HR, td, g/Kg, m/s, m/s, hPa, rpm, mA, mV...
- Comunicación sin cables, Bluetooth 2.0 integrado.
- Sensores precalibrados, reemplazables por el propio usuario.

Solicite información a:  
 Instrumentos **testo** S.A.  
 Zona Industrial c/B nº 2  
 08348 Cabrils (Barcelona)  
 Tel: 93 753 95 20 - Fax: 93 753 95 26  
[www.testo.es/genial](http://www.testo.es/genial) - [info@testo.es](mailto:info@testo.es)



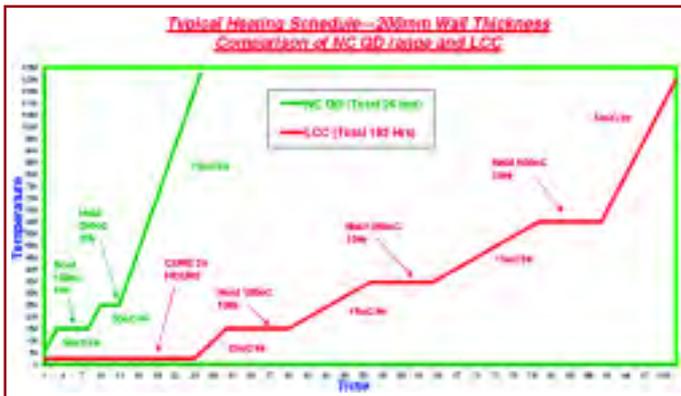
- No existe agua de enlace, por lo que la velocidad de calentamiento a altas temperaturas es muy superior.
- Este tipo de enlace forma estructuras menos rígidas, por lo que la resistencia al choque térmico es superior.
- Y todo ello manteniendo los mismos procedimientos de instalación y equipos válidos para los hormigones refractarios convencionales: vibrado, bombeado, shotcreting...

Con ello se consigue una reducción muy importante en los tiempos de curado (que no tiene) y secado con respecto a los productos utilizados en la actualidad, como se puede ver en los 2 ejemplos siguientes:



Los hormigones Quick Dry QD pueden ser formulados con toda clase de materias primas:

- Base Andalucita.
- Base Andalucita/SiC.
- Base Mulcoa.



- Base Bauxita.
- Base Bauxita para contacto con Aluminio.
- Base Alúmina Tabular.
- Hormigones negros (Grafito + SiC).

Y el enlace mantiene la refractaridad de las materias primas, por tanto no afecta a su temperatura máxima de aplicación. Esto permite usar esta tecnología en toda clase de aplicaciones:

- Hornos cubilote (sifón y cuerpo).
- Hornos de Inducción (tapas, labio superior y base).
- Hornos canal (revestimiento de trabajo, piqueras, tapas...).
- Cucharas de transporte y de tratamiento.
- Elementos de trasvase y recibidores.
- Quemadores...

#### 4. REFRACTARIO MONOLÍTICO QD CON GRAFITO y SiC: CALDETM CAST G NC 66S24 QD

La tecnología Quick Dry QD aplicada a refractarios monolíticos negros presenta unas particularidades diferentes a las citadas anteriormente para hormigones QD aluminosos.

- No lleva polvo de aluminio. Esto implica:
  - No se libera hidrógeno (1 kg de hormigón “negro” convencional puede liberar 3,3 litros de H<sub>2</sub>).
  - No hay contaminación del metal fundido por aluminio (la primera colada con hormigones “negros” convencionales suelen presentar inclusiones de aluminio en niveles de 10 ppm, aproximadamente).
- No lleva breas en su composición.
- Admite curvas de secado tan rápidas como las de los hormigones “negros” convencionales.
- Su resistencia a la corrosión es comparable a la de los hormigones “negros” convencionales.
- Es fácil de instalar; puede bombearse.

Caso práctico:

Revestimiento de sifón en horno de cubilote.

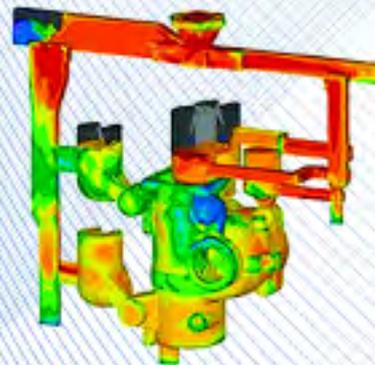
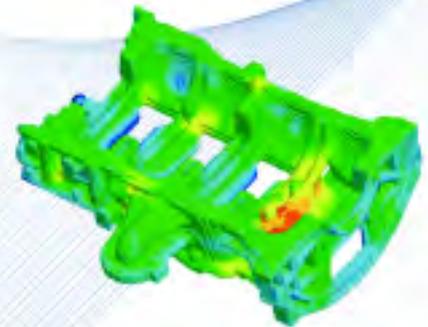


## ProCAST / QuikCAST

LA SOLUCIÓN PARA  
LA SIMULACIÓN DE FUNDICIÓN

### FUNDICIÓN DE BAJA PRESIÓN

Courtesy of Montupet, SA, France



### FUNDICIÓN EN ARENA

Courtesy of INASMET-TECNALIA, Spain  
Courtesy of Ashland Specialty Chemical, S.A., Spain  
Courtesy of Betsalde S&L, Spain

### FUNDICIÓN INYECTADA A PRESIÓN

Courtesy of GHIAL Spa, Italy



ESI Group Hispania, S.L.

Parque Empresarial Arroyo de la Vega - c/ Francisca Delgado, 11 - Planta 2ª - 28108 Alcobendas - Madrid - Spain

T: +34 91 484 02 56 / F: +34 91 484 02 55

mar@esi-group.com - www.esi-group.com

# Lost Core de Bühler: La nueva tecnología de fundición a presión abre un campo de aplicaciones muy variado

**T**endencias actuales como la construcción ligera en la industria del automóvil o la presión para fabricar productos cada vez mejores y con costes más bajos, exigen soluciones creativas en la fundición a presión. Una respuesta innovadora es la tecnología Lost Core o de noyo perdido (técnica de noyo de sal), que gracias a sus posibilidades totalmente novedosas hace posible una gran variedad de aplicaciones. En un simposio celebrado a mitad de noviembre en la Central de Bühler en Uzwil (Suiza), más de cien desarrolladores y usuarios de todo el mundo recibieron cumplida información sobre esas nuevas y diversas oportunidades.

Especialmente la industria automovilística demanda reducción de costes, diseño integral (disminución del número de componentes) y más productividad. La tecnología Lost Core ofrece diversas posibilidades para ello. En este procedimiento se reservan diversas partes del componente a fundir con un noyo de sal que más tarde se elimina por lavado. De este modo se sustituyen componentes de la fundición en coquilla y en arena y al mismo tiempo se aprovechan plenamente las ventajas de la fundición a presión, entre ellas el ahorro de material, los tiempos de ciclo más cortos y la reducción del trabajo de repaso posterior. Lost Core permite, además, desarrollar piezas totalmente nuevas. Así, la forma interna puede ser más compleja, la unión de varios componentes en uno solo hace posible una mayor integración funcional y la mayor libertad formal posibilita un diseño de piezas totalmente nuevo.

## Tecnología de noyo perdido en el proceso de Bühler

En la base del proceso Lost Core de Bühler se encuentra el diseño de componentes para la aplicación de noyo de sal, al que sigue la concepción de nuyos de sal, de piezas de aluminio y de moldes. Hoy en día es posible simular con un programa el comportamiento de la sal fluida y del aluminio en el molde, así como la calidad del componente cons-

tructivo. De este modo se hacen innecesarias las costosas adaptaciones posteriores del molde. Al fabricar el noyo de sal, que es determinante para la conformación interna del componente constructivo, es fundamental utilizar la disolución de sal óptima para garantizar tanto la estabilidad del noyo como la posterior extracción del mismo.

El noyo de sal y el componente de aluminio se producen en una máquina de fundición a presión con regulación en tiempo real. Esto garantiza que el noyo no sufra daños durante la inyección. El noyo se extrae con agua a alta presión. Bühler dispone del know-how y del equipamiento necesarios para aplicar con éxito la tecnología Lost Core y está en condiciones de prestar apoyo al proceso completo, desde la primera idea hasta el momento en que la fabricación ha alcanzado la madurez.

## Un simposio muy concurrido

Dadas las numerosas posibilidades de la nueva tecnología es natural que haya despertado un gran interés. Así lo puso en evidencia, también, la numerosa asistencia al simposio de Bühler celebrado a mediados de noviembre. Los más de cien participantes, entre ellos varios pesos pesados en representación de la industria automovilística y de sus suministradores, tuvieron ocasión de convencerse personalmente de las ventajas del proceso Lost Core de Bühler. Para favorecer la comprensión de los asistentes se simuló un proyecto concreto en todas sus fases, a escala natural. No se descuidaron los aspectos económicos, que fueron subrayados claramente por el Doctor Andreas Hennings y el señor Georg Habel, de la conocida empresa de fundición Bocar. Los participantes pudieron presenciar en directo las distintas fases del proceso. El Profesor Dr. Lothar Kallien, de la Escuela Superior de Aalen, presentó finalmente los resultados de un proyecto de superficies de conformación libre en tres dimensiones en el que se aplicó la tecnología Lost Core.

>> ALEACIONES PARA FUNDICIÓN INYECTADA ZAMAK



1982-2012

30  
años avanzando  
juntos



San Miguel de Acha, 17. 01010 Vitoria (Spain) - P.O. Box 4044.

Tel.: + 34 945 22 74 26 / fax: + 34 945 24 51 55 / comercial@alealsa.com / www.alealsa.com



AMV ALEA™

**MRP exclusivo para fundiciones**

Gestione eficazmente toda su producción



**Optimización de cargas de hornos**

Hasta un 40% de ahorro



**Ajuste de coladas en tiempo real**

Conexión al espectrómetro

¡¡NUEVA  
VERSIÓN  
2012!!

¡PRUEBALO!  
Demo  
Gratuita



Solicite demo gratuita em [www.amvsoluciones.com](http://www.amvsoluciones.com)

## ASK Chemicals invierte en una nueva planta de fabricación en la India

Con una festiva ceremonia de colocación de la primera piedra, ASK Chemicals pone los cimientos para la construcción de una nueva planta en la localidad de Kurkumbh (próxima a Pune), en la India. De este modo la empresa abre un capítulo más en la historia de cooperación entre Alemania y el país hindú. El primer paso es construir una planta de fabricación y almacenamiento de 12.000 m<sup>2</sup> en una superficie de 80.000 m<sup>2</sup>, donde se producirán aglomerantes, recubrimientos, materiales auxiliares y alimentadores para el sector de la fundición de la India. La nueva planta principal de ASK Chemicals permitirá crear nuevos puestos de trabajo en Kurkumbh. Está previsto que la construcción de la planta de producción concluya en 2014.

Con este compromiso, ASK Chemicals, la empresa proveedora de productos químicos para la fundición líder a nivel mundial, sienta las bases para continuar la exitosa expansión de sus actividades comerciales en un mercado clave de Asia.

Sobre la planificación estratégica de la empresa, Stefan Sommer, Director General de ASK Chemicals, comenta: "Nuestra intención es crecer a más velocidad que el total del mercado hindú." El poder económico de la India desempeña un papel fundamental de cara a las inversiones de ASK Chemicals. "Estamos absolutamente convencidos de que el sector de la fundición de la India sacará provecho de nuestros numerosos años de experiencia y de nuestros profundos conocimientos en este importante sector clave", afirma el Sr. Sommer con motivo de la ceremonia, vislumbrando el futuro.

El Dr. Jochen Landes, Director Ejecutivo de ASK Chemicals India, ve excelentes oportunidades de desarrollo para la empresa en la India. "Estoy encantado de que nuestra empresa haya escogido Kurkumbh para realizar esta inversión y apenas puedo esperar a ver cómo crece la nueva planta."

Como miembro de la red global, ASK Chemicals India tiene acceso a todos los conocimientos en materia de fundición del operador global con sede en Alemania y, por eso, puede suministrar a sus clientes de la India sus innovadores productos y servicios.



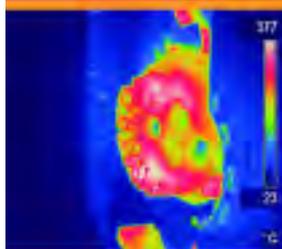
# METALFLOW®

Productos y servicios  
para Fundición Inyectada,  
Estampación y Forja

Desmoldeantes, lubricantes especiales, pastas,  
grasas, hidráulicos, lubricantes para mecanización  
y auxiliares.

Servicio técnico, laboratorio, auditorías, mejoras de  
proceso, estudios termográficos.

Equipos de dosificación y mezcla.

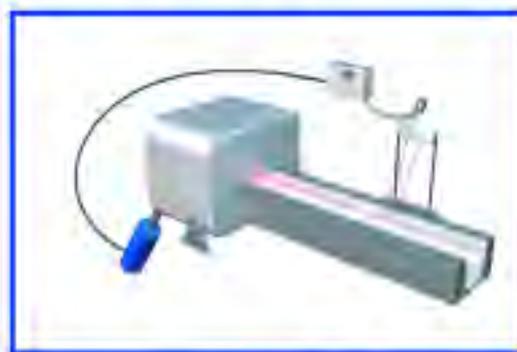


c/ Ponsich nº 22, 08820 El Prat de Llobregat (Barcelona) - SPAIN, T. +34 93 379 00 44, F. +34 93 379 59 52  
+ e-mail: info@metal-flow.com + www.metal-flow.com -

## Automatice el Control de su Horno



Un horno estacionario se vuelve automático utilizando un Actuador de Tapón TXP-5-E, en conjunto con un sensor ProH y su unidad de control. Esto puede asegurar un nivel de canal de 0.3 mm



Un horno basculante se vuelve automático utilizando un sensor ProH en conjunto con el sistema de control. Este sistema puede asegurar un nivel de canal de 0.5 mm

*"Automatizamos de principio a fin el flujo de metal en líneas de producción de lingotes, barras, slabs, láminas; tanto nuevas como ya existentes. Pregúntenos cómo le podemos ayudar."*

## PRECIMETER®

PreciMeter Control AB, Sweden  
phone +46 31 764 55 20 fax +46 31 764 55 29  
sales@precimeter.com www.precimeter.com

Para contactar su representante local enviar e-mail a [info@precimeter.com](mailto:info@precimeter.com)

## 3ª Reunión AFUMSE

Por Inmaculada Gómez

El pasado 23 de Noviembre tuvo lugar en el Hotel Agumar de Madrid, la Reunión de Fundidores pertenecientes a las diversas empresas adscritas en AFUMSE\*. En este Foro sobre “Mejores Técnicas Disponibles”, entre los temas tratados figuraban los correspondientes: “Control de arenas de moldeo en verde y la relación entre diferentes parámetros y problemas en piezas” presentado por Iñigo Iturriza de Clariant, S.L., “La optimización del proceso de fundición. Casos prácticos” presentado por Francisco José Lara de Simulaciones y Proyectos, S.L. y “Refractarios en hornos de inducción” presentado por Fernando Martín y Juan Carlos Díez de COMETAL, S.A.

Quedaron pendientes los temas a tratar por ASK sobre “Nuevas aportaciones a la filtración y alimentación de piezas”, así como “Nuevos aditivos para controlar el veining eliminando las pinturas refractarias” para cuyos espacios AFUMSE\* estudia nuevo emplazamiento y fecha.

Esta reunión moderada por Andrés Calero y Manuel Gómez, Presidente y Secretario de AFUMSE\*, propició un magnífico coloquio entre los asistentes, antes y después de las intervenciones técnicas y durante el almuerzo de trabajo, el cual derivó en un cambio de impresiones con opiniones muy cualificadas sobre el momento actual. Faltó tiempo, todo hay que decirlo, para desarrollar más ampliamente los te-



De izquierda a derecha los Srs. Fernando Martín y Juan Carlos Díez de COMETAL, S.A., Iñigo Iturriza de CLARIANT y Francisco José Lara de SIMULACIONES Y PROYECTOS, S.L.



De izquierda a derecha los Srs. Andrés Calero y Manuel Gómez Presidente y Secretario de AFUMSE\*, Paco Molina de Fund. Dúctil Molina y Miembro de la Junta Directiva de AFUMSE\*.

mas que se trataron, por lo que se ha tomado buena nota en AFUMSE\*, para que la próxima vez se tengan en cuenta espacios más amplios en las intervenciones y coloquio.

Después del almuerzo de trabajo, tuvo lugar una reunión de los asociados de AFUMSE\* asistentes a esta Jornada Técnica, en la que se trataron temas de índole interno.

Simulaciones y Proyectos distribuye para España y Portugal FLOW-3D®, software de simulación de procesos de fundición (llenado, solidificación, defectología, stress térmico, etc.) utilizado por prestigiosas firmas a nivel mundial por su excelente precisión e inmejorable relación calidad-precio.

En la reunión de AFUMSE, se puso en conocimiento de los socios las características generales del software y sus ventajas competitivas. Asimismo se presentó un caso real en el que una empresa de fundición india había empleado FLOW-3D® para la optimización de diferentes procesos de fundición, tanto en fundición por gravedad como en alta presión. En dicha presentación, la empresa de fundición conseguía reducir los rechazos en la producción a niveles por debajo del 10%. Con ello se quiso mostrar el alto nivel de competitividad que existen en las grandes economías asiáticas, lejos de los tópicos en cuanto a productividad y calidad que se tienen sobre las mismas.

Los refractarios Doerentup siguen ganando adeptos en el sector de la fundición española por su ex-

cepcional regularidad en cuanto a comportamiento y rendimiento. El éxito de cualquier refractario, supuesta la buena calidad del mismo, depende de cómo se aplique, y fundamentalmente de cómo se realice el sinterizado.

Otro aspecto de gran importancia y no siempre bien entendido, es el de la secuencia de las cargas, así como el orden en la adición de las materias primas. Un estudio pormenorizado del proceso y un seguimiento posterior por parte de técnicos de Cometal / Doerentrup hace que estos refractarios sean altamente apreciados por el fundidor.

El tema tratado por Iñigo Iturrizta de CLARIANT sobre "Control de arenas de moldeo en verde y la relación entre diferentes parámetros y problemas en piezas", formaba parte de un curso que la citada compañía ha elaborado para una determinada empresa de fundición. Fue una completa exposición acompañada de gráficos y dibujos, donde se pudo disfrutar sobre contenidos tan importantes como:

1. Control de Proceso. Gráficos de control.
  - 1.1) Proceso estable y capaz.
  - 1.2) Proceso inestable y no capaz.



De izquierda a derecha los Srs. Carlos Ruiz de ACRISOL, Javier Martínez de Morentin de NEXUS, Jose Luis Izquierdo y Mariano Serrano de Fundiciones del Par, David Valle de Metalúrgica Madrileña y Juan Manuel Paramio, Gerente de Fundiciones del Par.

2. Parámetros Principales.

- 2.1) La compatibilidad acorde presión de ataque.
- 2.2) Humedad y compactabilidad en paralelo.
- 2.3) RCV vs Compactabilidad vs BAM.
- 2.4) RTH vs Compactabilidad vs BAM.
- 2.5) Permeabilidad & Inertes & AFS.
- 2.6) Volátiles, LOI, Carbono.
- 2.7) Nitrógeno, Azufre, LOI.

# inytiAlgo

Formación Asesoría Fundición a Presión

**Visítenos en:**  
[www.inytialgo.com](http://www.inytialgo.com)

**FORMACIÓN PROCESO INYECCIÓN**

- Online
- En Empresa

**PROYECTOS REDUCCIÓN DE COSTES**

- Soporte ingeniería de proceso
- Consumos
- Rechazo

**Consúltenos en:**  
[info@inytialgo.com](mailto:info@inytialgo.com)  
Óscar Iñigo  
649 85 88 05

inytiAlgo • Training & Engineering HPDC • Miquel Ilor, 24 - 3º 3ª • 08500 • Vic • Barcelona • Spain  
[www.inytialgo.com](http://www.inytialgo.com) • [info@inytialgo.com](mailto:info@inytialgo.com)

## Instalación flexible robotizada Trebi para el rebabado de piezas fundidas y forjadas

La compañía italiana Trebi, especialista en células robotizadas de rebabado, pulido y esmerilado representada en España por Euro-maher, ha desarrollado íntegramente una solución rápida y flexible para el rebabado de cualquier tipo de pieza en acero o aluminio con dimensiones máximas de 1.000 mm., altura 650 mm. y con un peso máximo de 200 kg.

Construida sobre una bancada integral donde se fijan todos los componentes, dispone de 7 ejes controlados y cambio de herramientas automático.

Se trata de una instalación que destaca por su rapidez, flexibilidad y versatilidad, siendo capaz de trabajar piezas de diferentes geometrías y acceder a zonas ocultas. Una innovación a aplicar en el sector de la fundición y la forja que permite trabajar sin limitaciones.

Una instalación compuesta por:

- Robot Fanuc M710iC de versión especial que permi-



te tener una elevada rigidez durante el mecanizado, cortando y desbarbando más rápidamente las piezas, lo que garantiza una alta calidad de las piezas producidas y aumenta la vida de las herramientas.

- Controlador R-30iA.
- Eje de movimiento vertical robot que permite aumentar el campo de trabajo del robot (y por tanto utilizar las herramientas de superposición). Está controlado directamente desde el robot y se mueve simultáneamente con el brazo del robot. El eje se realiza con guías y tornillos de husillos a bolas debidamente protegidos.
- Unidad de trabajo compensada.
- Almacén de herramientas de 6 posiciones.
- Eje controlado sobre el que son bloqueadas las piezas.



- Sistema de bloqueo pieza universal (patentado) que permite bloquear mejor las piezas, facilitando el mecanizado y reduciendo los costos de utillaje.
- Sistema de evacuación de virutas en cajones extraíbles para la eliminación de las virutas de desbarbado.
- Sistema de Supervisión que permite el control integral de la máquina, indicando periódicamente los intervalos de mantenimiento y la sustitución de los componentes desgastados.
- Cabina insonorizada.

Dentro de las ventajas competitivas destaca por su alta precisión y productividad, robustez, nivel de autonomía y bajo costo de mantenimiento. Es po-

sible utilizar herramientas estándares de mercado y no necesita operario. Sencillez de uso y fácil transporte.

Respecto al rebabado manual, el tiempo de ciclo del rebabado completo se reduce en torno al 25%-40% y el ahorro de herramientas es de aproximadamente el 30%.



**SCHUNK** 

## PINZA UNIVERSAL

PGN-Plus, primera pinza multidentada a nivel mundial.

- ▶ Soporta momentos más elevados, que permiten dados hasta un 20% más largos
- ▶ Guía multidentada robusta para una manipulación precisa
- ▶ El accionamiento con pistón ovalado incrementa la fuerza de amarre hasta 35%
- ▶ Múltiples opciones para aplicaciones especiales



www.schunk.com/eficient-pigging

PRECISION EXCEPCIONAL DEL LIDER COMPETENTE EN TÉCNICAS DE SUJECCIÓN Y SISTEMAS DE AMARRE.



# METALMADRID 2012

**M**etalMadrid 2012 se celebró los pasados 21 y 22 de noviembre con una enorme satisfacción por parte tanto de la organización, como de las más de 130 empresas expositoras que ocuparon los 106 stand disponibles, igualmente los más de 2.150 visitantes únicos, profesionales y empresas de nuestro sector industrial, que pasaron por MetalMadrid en los 2 días de la feria.

Destacar el mensaje que las empresas participantes hicieron llegar a la organización sobre la gran

calidad de estas visitas, que acudieron a la feria desde toda la geografía nacional.

En esta 5ª edición señalar el éxito, tanto de asistencia, como por el nivel de las ponencias de las 2 Jornadas Técnicas que se desarrollaron sobre el sector aeronáutico y el ferroviario; y sobre todo, la gran acogida de las Reuniones Comerciales entre empresas subcontratistas y tractoras, que era una importante novedad de esta edición y que contó con 4 grandes empresas industriales que buscaban ampliar su cadena de suministro y encontraron en

estas reuniones empresas subcontratistas con mucho nivel.

Ya se está trabajando para preparar y seguir creciendo en la próxima edición de MetalMadrid 2013 que se celebrará los días 23 y 24 de octubre en IFEMA (Feria de Madrid). Por ello el año que viene, junto a MetalMadrid, se celebrará Robomática 2013: I Salón de la Automatización y la Robótica de Madrid, toda la Industria y la Innovación en Aplicaciones Mecánicas en un solo Espacio. En 2013 Robomática y MetalMadrid juntos.





**MOTUL** TECH

**Baraldi**

## Welcome to the next release

Baraldi and Motul Tech join and raise to the challenge of innovation and guarantee global excellence.

Baraldi and Motul Tech:  
Die casting lubricants,  
metal working fluids  
and process control.

[www.baraldi.com](http://www.baraldi.com)  
[www.motultech.com](http://www.motultech.com)

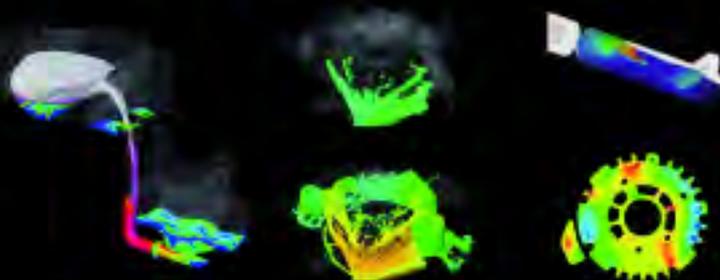
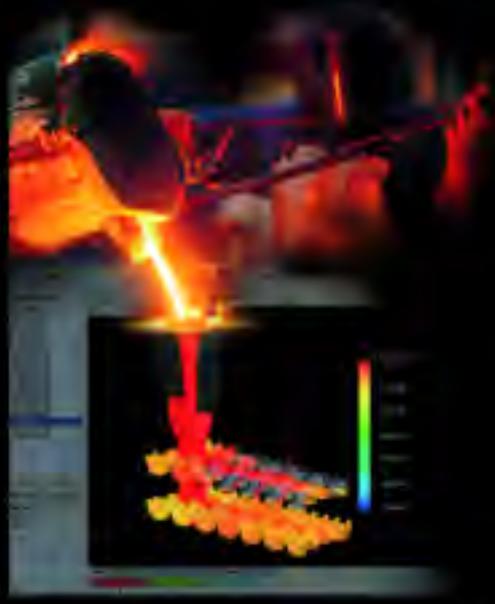
Distribuidor en España:

**ATM 2000**

Poligono Eritexe - Edificio 157, D - Nave 20  
C.P. 48960 GALDAKAO - Vizcaya - España  
Tel : ++34 94 457 10 99 - Fax : ++34 94 457 28 00  
e-mail: [info@atm2000.net](mailto:info@atm2000.net) - [www.atm2000.net](http://www.atm2000.net)

**¿QUIERE AHORRAR COSTES Y MEJORAR SU KNOW-HOW?  
SIMULE SU PROCESO DE FUNDIDO CON**

# **FLOW-3D®**



Proceso de llenado  
por gravedad

Fundición HPDC  
Llenado y solidificación

Defectología  
Tensiones y deformaciones

- Más de 30 años ayudando a nuestros clientes
- Las empresas punteras del sector ya son usuarios
- Manejo simple, intuitivo, customizable
- Interfaz FLOW-3DCast en castellano

**PIDA HOY UNA DEMOSTRACIÓN EN:**

[www.simulacionesyproyectos.com](http://www.simulacionesyproyectos.com)  
[central@simulacionesyproyectos.com](mailto:central@simulacionesyproyectos.com)

## Laboratorio de Investigaciones Metalográficas y Metalotecnia

**E**l 9 de Noviembre de 1912, se publica el Real decreto de creación del Laboratorio de Investigaciones Metalográficas de la entonces Escuela Especial de Ingenieros de Minas, a propuesta del Ministro de Fomento D. Miguel Villanueva y Gómez, por parte del rey Alfonso XIII.

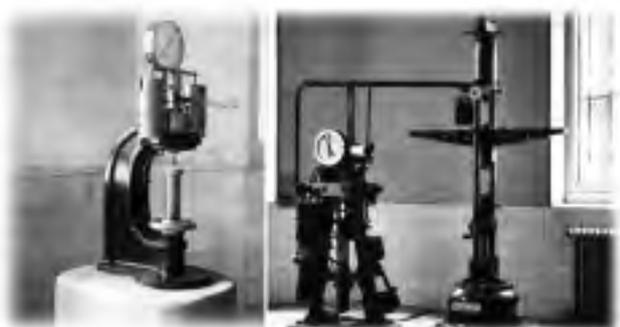
Con posterioridad, el Negociado de Minas y aguas subterráneas de la DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, MINAS Y MONTES, aprobó con fecha 5 de Marzo de 1913, el Reglamento para el Laboratorio de investigaciones metalográficas de la Escuela de Minas, presentado por el Profesor de la Cátedra de Metalurgia general D. Eduardo Gullón.

En dicho reglamento se organiza (art 1º) “un Laboratorio de investigaciones metalográficas, con los fines siguientes, para la enseñanza experimental de los alumnos .../..., Informar en todos aquellos asuntos oficiales en los cuales se requiere por el Gobierno el concurso del Laboratorio, y muy especialmente para dilucidar las causas de accidentes del trabajo y realizar toda clase de ensayos que pa-

ra la más acertada aplicación de las aleaciones, perfeccionamiento en los medios de fabricación y condiciones de su empleo, se soliciten por los particulares, así como todo género de ensayos contradictorios sobre la constitución y cualidades de las distintas sustancias minero-metalúrgicas.”

Durante estos 100 años transcurridos, el laboratorio de investigaciones metalográficas ha contribuido al desarrollo de la metalografía, y mejorándose los medios disponibles, a la vez que se mantienen aquellos equipos de carácter docente, que todavía pueden verse en dicho laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Así mismo desde su origen, el apoyo a la docencia, a la industria y a la investigación vienen marcando las líneas de trabajo del laboratorio de Investigaciones Metalográficas de la ETSI Minas-UPM.

Actualmente el Laboratorio de Investigaciones Metalográficas y Metalotecnia se encuentra en el Departamento de Ingeniería de Materiales de la ETSI Minas, siendo el responsable de mismo el profesor Luis E. García Cambrónero.



# SINAVAL elite

## EUROFISHING

Expo, conferences & networking

# 16-18 abril 2013

De 10:00h. a 18:00 h.

Soluciones integrales para su negocio:

### Zona Expositiva

conectada con el Centro de Negocios.

### Programa de Conferencias

con carácter internacional.

### Business Brokerage

organización de agendas a nivel internacional.

### Visitantes VIP

feria exclusiva para un grupo limitado de visitantes, profesionales de referencia internacional en el sector.

### Programa de Actos Sociales

exclusivo para expositores y visitantes Vip's.

Por primera vez  
el mayor evento de  
las energías  
renovables marinas  
del Sur de Europa

**BILBAO  
MARINE  
ENERGY  
WEEK**

**15-19  
abril**

**B!  
E!  
C!** BILBAO  
EXHIBITION  
CENTRE

[www.sinaval.eu](http://www.sinaval.eu)

EXPOSSIBLE



12 > 15 MARZO | 2013

BILBAO EXHIBITION CENTRE  
Ronda de Azkue, 1  
48902 Barakaldo  
Tel: +34 94 404 00 00  
Fax: +34 94 404 00 01  
e-mail: [ferroforma@bec.eu](mailto:ferroforma@bec.eu)  
[www.bilbaoexhibitioncentre.com](http://www.bilbaoexhibitioncentre.com)

**B!  
E!  
C!** BILBAO  
EXHIBITION  
CENTRE

EXPOSSIBLE!

# Argentina realiza EXPOFUN-COLFUN 2012

Por Silvia Bacco

Entre los días 15 y 17 de noviembre pasados, la ciudad de Buenos Aires fue sede de la Exposición Internacional y del Congreso Latinoamericano del sector de la fundición, que tienen lugar cada dos años en Argentina.



Ambos eventos constituyeron una gran oportunidad para generar el debate y la consideración de los temas que más preocupan a este segmento industrial, presente en numerosos procesos productivos.

La Cámara de Industriales Fundidores de la República Argentina (CIFRA) fue la entidad convocante del Congreso, que se desarrolló en forma simultánea a la Exposición internacional de fundiciones, productos, equipos, insumos y máquinas, con la participación de destacadas empresas expositoras del sector. Brindaron apoyo institucional la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA), la Asociación Latinoamericana de Fundición (ALAIIF), la Asociación Brasileña de Fundición (ABIFA) y la Sociedad Mexicana de Fundidores A.C.

Prestigiosos especialistas nacionales y extranjeros disertaron sobre los desafíos que enfrenta la industria de la fundición en la actualidad, las nuevas



problemáticas de aplicación y el medio ambiente, entre otros temas. El Congreso recibió la participación de expertos procedentes de México, Estados Unidos y Brasil. A nivel nacional, se contó con el aporte de entes de investigación y desarrollo, universidades y profesionales de empresas privadas.

La primera de las jornadas del Congreso estuvo dedicada a los metales no ferrosos y a la microfundición; la segunda, a los metales ferrosos y –la tercera– al medio ambiente. Algunos de los temas tratados fueron la situación de la fundición en Argentina y Brasil, adelantos en materia de inyección de aluminio, solidificación en vacío, métodos para determinar la interacción de los elementos de la composición de las aleaciones, aplicación de nuevos aglutinantes inorgánicos, nuevas mezclas de cera para modelos, análisis térmico, nuevas técnicas de alimentación, control de arenas, hornos de inducción, evaluación



de parámetros y control de defectos, hierros CADI, tratamientos superficiales en ADI, fundición vermicular, concretos refractarios, identificación de sustancias peligrosas, caracterización y nuevos usos para las arenas de fundición descartadas, nuevos desarrollos y tendencias en los procesos aglutinados químicamente, nuevos conceptos en pinturas y aditivos, buenas prácticas para el mezclado de arena y resinas, y –finalmente– el estado actual de la tecnología en materia de fundición.

Por su parte, la Feria tuvo como expositores a empresas y organismos nacionales y extranjeros vinculados a la fundición de metales ferrosos y no ferrosos, proveedores, laboratorios de análisis industriales, fabricantes, importadores y comercializadores de insumos, equipos, productos, tecnologías y servicios, así como también editoriales técnicas entre las que se encontró nuestra FUNDI Press. El evento fue visitado por empresarios, ingenieros metalúrgicos, químicos y mecánicos, diseñadores industriales, fundidores de oficio, investigadores, docentes y técnicos, entre otros asistentes. Particularmente, se pudieron apreciar tableros multipistón, máquinas de moldeo automáticas de alto prensado, noyeras, molinos, hornos de inducción, equipos de análisis térmico,

cucharas, software de simulación, distintos tipos de granalladoras, equipos de control para masas de moldeo, inyectoras y los últimos insumos para fundición lanzados al mercado.

Para la próxima edición 2014, queda por definir cuál será la ciudad argentina sede de ambos eventos.



## UNESID organizó un seminario sobre detección de fuentes radiactivas

Cerca de ochenta expertos se dieron cita el pasado día 22 de noviembre en el hotel Príncipe de Vergara de Madrid para participar en Seminario formativo “Actuaciones en caso de Detección de Fuentes Radiactivas en Acerías y en caso de Fusión. Lecciones aprendidas”, organizado por UNESID y co-financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

El acto fue inaugurado por el Subdirector General de Energía Nuclear del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, D. Javier Arana, el Director de Operaciones de ENRESA, D. Alejandro Rodríguez y el Director General de UNESID, D. Andrés Barceló. Además, han participado en las conferencias empresas como PROINSA, FER, Siderúrgica Sevillana, ArcelorMittal, Gerdau, ENRESA, UNESID y CSN, que además también clausuró el acto, con la presencia de D. Ramón de la Vega, Subdirector de Emergencias.

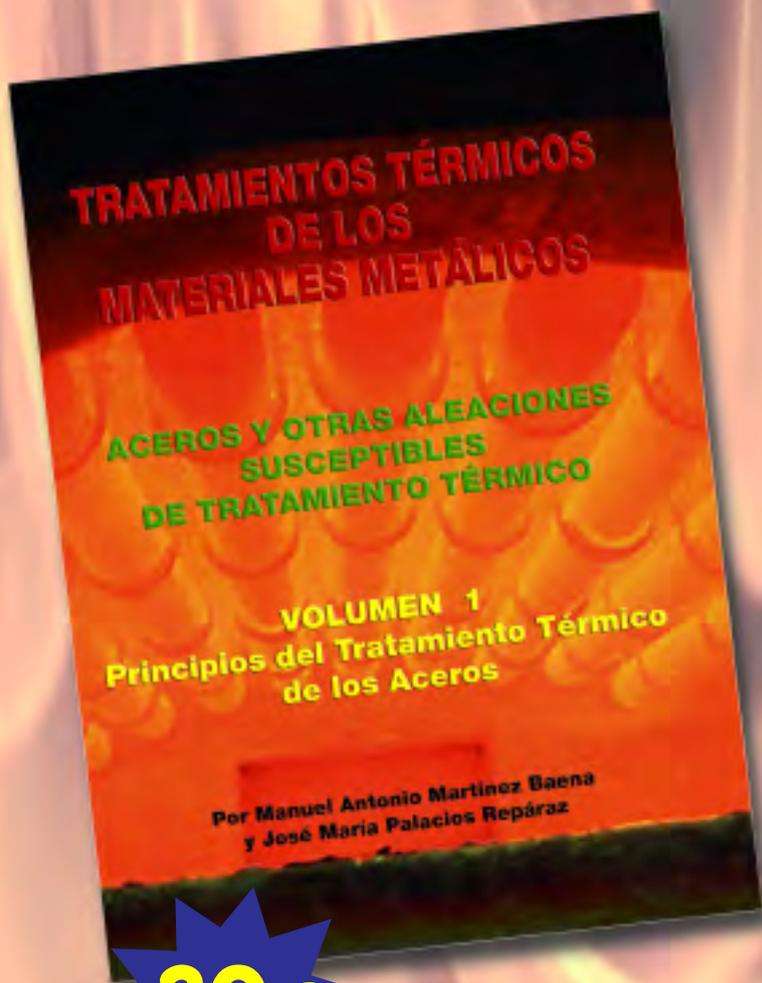
El seminario ha pretendido transmitir a los asistentes las implicaciones del Protocolo de Vigilancia Radiológica de los Materiales Metálicos, firmando el 2 de noviembre de 1999 por el entonces Ministerio de Industria y Energía, el Ministerio de Fomento, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA), la Federación Española de la Recuperación (FER) y la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID), al que posteriormente se adherieron la Federación Minerometalúrgica de CC.OO. y la Federación Estatal del Metal, Construcción y Afines de U.G.T., así como la Asociación Española de Refinadores de A-

luminio, la Unión Nacional de Industrias del Cobre, la Unión de Industrias del Plomo y, más recientemente, la Federación Española de Asociaciones de Fundidores.

El Protocolo fue creado como consecuencia de un importante incidente ocurrido el año anterior en una acería. El sector siderúrgico, junto al de la recuperación y las Administraciones, se pusieron de acuerdo para establecer modos de actuación y prevención de eventos similares.

Durante la jornada del 22 de noviembre, se han explicado las recomendaciones a seguir ante la hipótesis de la fusión de una posible fuente huérfana, como se denominan internacionalmente, inadvertidamente mezclada con la chatarra durante el proceso de reciclado del acero.

La jornada ha abordado también la formación de los trabajadores, la óptima gestión de estos incidentes para evitar cualquier efecto sobre trabajadores y el medio ambiente, la correcta gestión del material contaminado en caso de detección o fusión, etc. Todo ello se apoya en las lecciones aprendidas por las plantas siderúrgicas, el CSN y ENRESA, gracias a la experiencia adquirida con la exitosa aplicación del propio Protocolo español y el esfuerzo de la siderurgia española. El Protocolo de Vigilancia Radiológica constituye el único referente mundial sobre la materia, tanto dentro de la Unión Europea, como en Naciones Unidas. Asimismo, se organizó un panel de debate entre los ponentes y participantes.



**30€**

206 páginas



**40€**

316 páginas

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

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

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

de este libro radica en los temas particulares que trata, su ordenación y la manera en que se exponen.

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

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

Puede ver el contenido de los libros y el índice en [www.pedeca.es](http://www.pedeca.es)  
o solicite más información a:

Teléf.: 917 817 776 - E-mail: [pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es)

# ¿Qué nos dice el microscopio sobre el hierro fundido? (y Parte II)

Por Jordi Tartera<sup>1</sup>, Montserrat Marsal<sup>1</sup>, Núria Llorca-Isern<sup>2</sup>, Joan Francesc Pellicer<sup>3</sup>, Edurne Ochoa de Zabalegui<sup>4</sup>, Alexandra Hatton<sup>5</sup>, Gonzalo Varela Castro<sup>1</sup> e Isaac López-Insa<sup>1</sup>

## Limpieza del metal

Un metal líquido limpio, nodulizado con FeSiMg e inoculado con FeSiCa origina esferoides regulares<sup>12</sup> tal como muestra el análisis EDS (Fig. 12). Mientras que la presencia de impurezas dificulta la formación de esferoides y da lugar a grafito compacto y laminar, a pesar de haber utilizado un inoculante complejo (Fig. 13).

En la fundición laminar una mala inoculación significa una menor cantidad de gérmenes, lo que propicia un mayor subenfriamiento que se traduce en una transición de grafito tipo A a grafito tipo D (Fig. 14).

Además, gracias a la gran profundidad de campo del MEB, se puede observar la superficie de fractura de diferentes probetas (tracción, Charpy, mecánica de la fractura...) y analizar las causas del fallo de los materiales. Las probetas de fatiga muestran una fractura dúctil en un hierro fundido limpio (Fig. 15a) mientras que hay mayor fragilidad en un metal con impurezas (Fig. 15b).

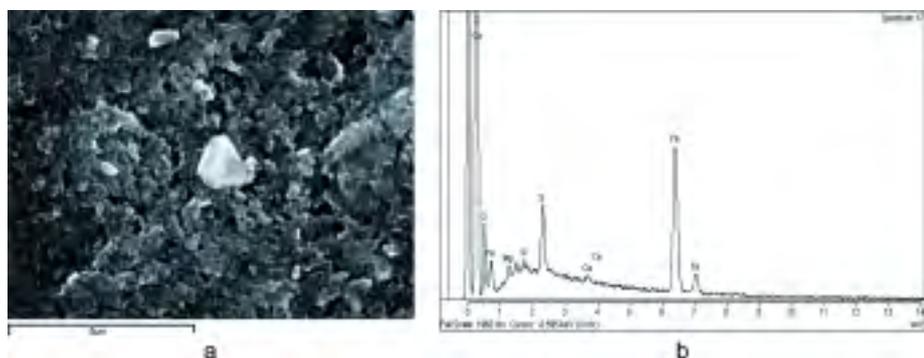


Figura 12. a) Germen en un esferoide bien formado; b) análisis EDS del mismo.

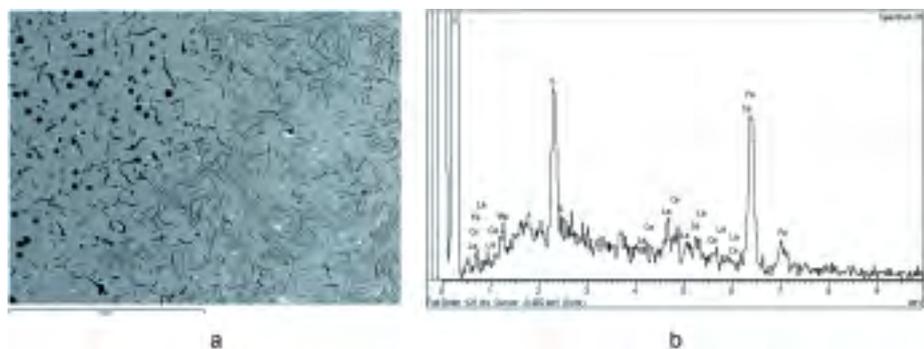


Figura 13. Transición de grafito esferoidal a compacto y laminar.



Figura 14. Transición grafito A-D.

<sup>1</sup> Universitat Politècnica de Catalunya.

<sup>2</sup> Universitat de Barcelona.

<sup>3</sup> Baxi Roca.

<sup>4</sup> Edertek S.Coop.

<sup>5</sup> J D Theile GmbH & Co.

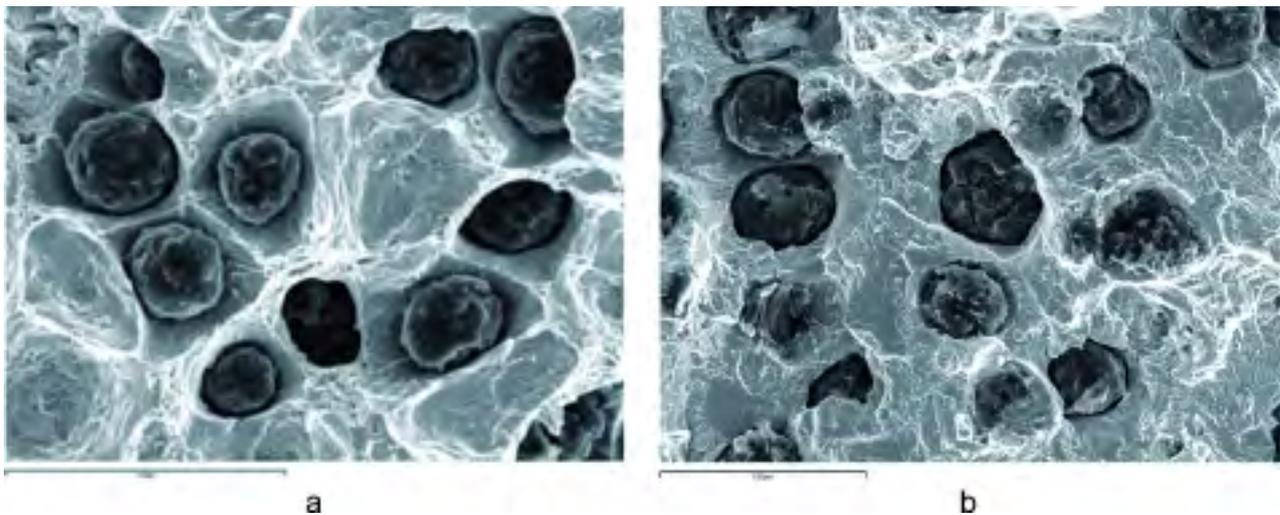


Figura 15. Fracturas de fatiga en a) Metal limpio; b) Metal con impurezas.

### Crecimiento del grafito

Al inicio de la solidificación los esferoides germinan y crecen en el líquido, por lo que su forma es completamente esférica como puede observarse en la figura 16a, tras un enfriamiento rápido sin haber terminado la solidificación. Cuando crecen envueltos por austenita y teniendo en cuenta que el C ha de difundir en fase sólida, los esferoides son menos regulares (Fig. 15b).

Dado que los gérmenes de grafitización son los mismos, independientemente del tipo de grafito que se obtenga, es durante el crecimiento cuando se define un tipo de grafito u otro. En todos los casos el crecimiento se consigue por deposición de átomos de C en los planos c o a del hexágono de

grafito (Fig. 17). Si se depositan según los planos basales se obtendrá grafito esferoidal, si lo hacen según las caras prismáticas el grafito será laminar, lo que exigirá la aparición de dislocaciones y la formación de maclas, ya que no crece según los planos más densos. Esto explica la forma ramificada del grafito laminar.

Según el diagrama de equilibrio, la austenita eutéctica contiene 2,08% de C, pero durante la solidificación a medida que desciende la temperatura disminuye su contenido, hasta alcanzar 0,8% de C en la transformación eutectoide. En cambio, la ferrita puede contener en el punto eutectoide 0,02% de C solamente. Si el enfriamiento es muy lento cuando el metal se encuentra en fase sólida, el carbono migra hacia los esferoides de grafito. Los áto-

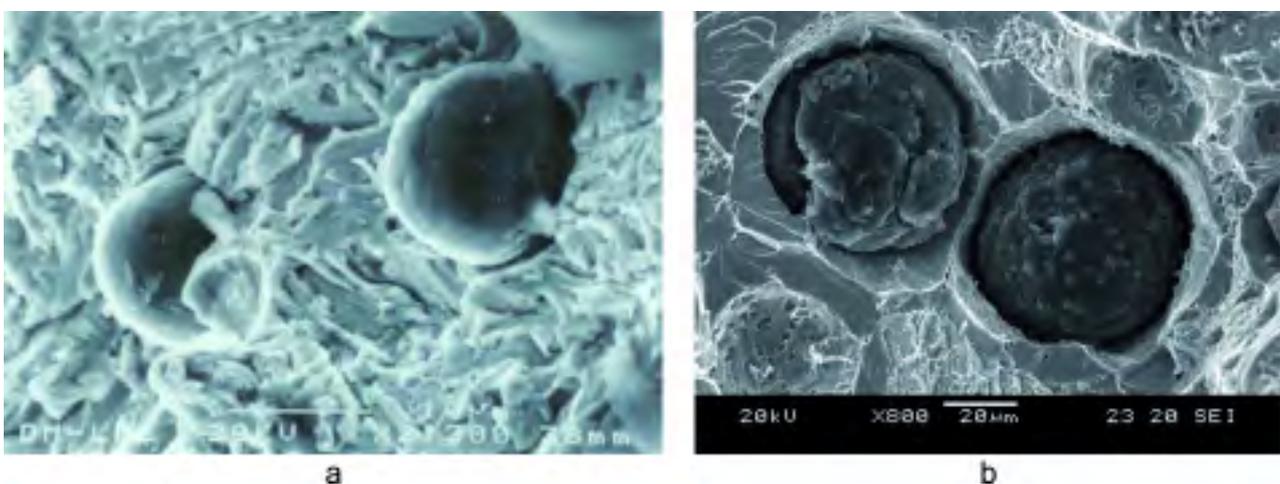


Figura 16. a) Esferoides en una fundición enfriada rápidamente; b) tras un enfriamiento lento.

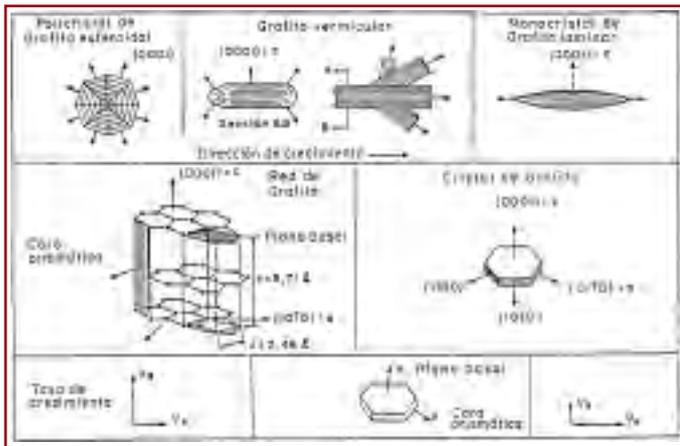
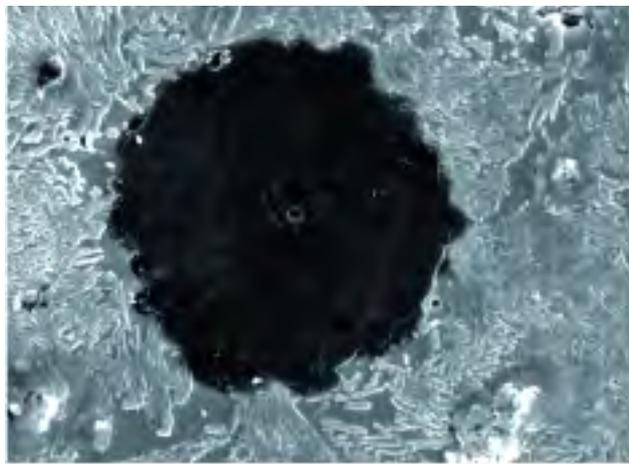


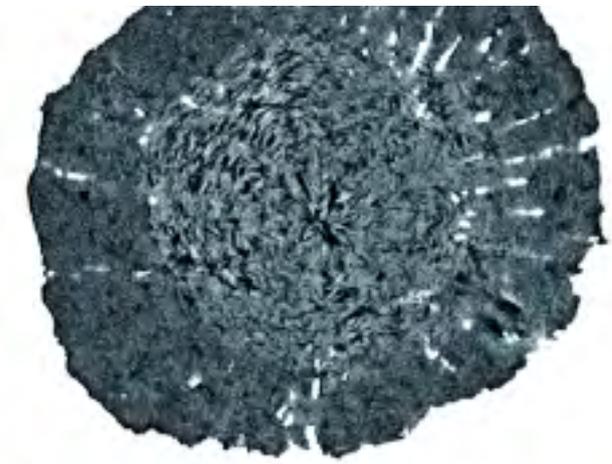
Figura 17. Esquema de crecimiento del grafito.

mos de carbono difunden a través de los huecos octaédricos de la austenita. Como la difusión en estado sólido es diferente que a través de los canales de líquido, la morfología del grafito es distinta y es posible distinguir entre el primer grafito solidificado y la envoltura exterior creada por la difusión del carbono en estado sólido (Fig. 18).

El ataque en profundidad revela que el grafito esférico y el compacto tienen el mismo origen (Fig. 19). Se desarrollan a partir del mismo tipo de germen pero debido a la presencia de partículas anti-esferoidizantes o insuficiente cantidad de Mg en la nodulización, el grafito se ramifica y da lugar al grafito compacto o vermicular<sup>13,14</sup>.



a



b

Figura 18. En una matriz perlítica a) no ha habido difusión de C hacia el grafito, mientras que si la matriz es ferrítica; b) todo el C disuelto en la austenita ha engrosado el esferoide de grafito.



a



b

Figura 19. a) Crecimiento correcto de un esferoide; b) Ramificación dando lugar a grafito compacto.

La orientación cristalina del grafito compacto se pone claramente de manifiesto observándolo en el MO con luz polarizada (Fig. 20).

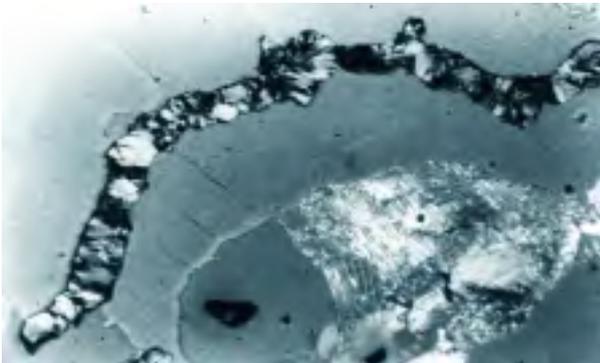


Figura 20. Grafito compacto mostrando la orientación cristalina mediante microscopio óptico con luz polarizada.

Desde hace unos años se vienen aplicando, sobre todo en la producción de grafito esferoidal, nuevas metodologías en las cuales previamente (o más rara vez simultáneamente) al tratamiento de Mg, se realiza un tratamiento de preinoculación o acondicionado del metal líquido. Estos tratamientos tienen como fin una mayor generación de gérmenes y poder reducir la cantidad de Mg empleada en el tratamiento.

El uso de un acondicionador con Ba permite asegurar una buena nodulización. En unos ensayos en los que la presencia de Ba no superaba los 100 ppm, se obtuvo un mayor número de nódulos y de menor tamaño. En la superficie de fractura de probetas de impacto se observa sobre la superficie del grafito unas formaciones a modo de desgarros (Fig. 21).

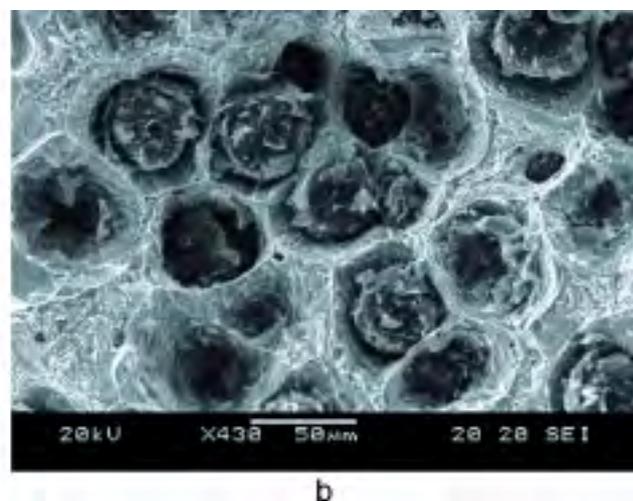
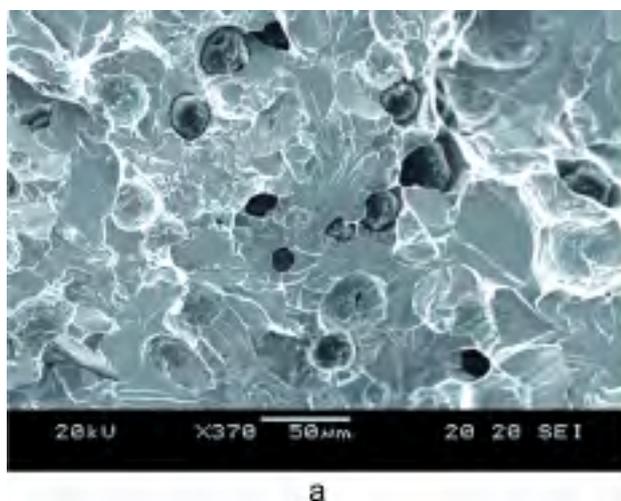


Figura 21. Fractura de probetas de impacto en a) metal líquido no acondicionado; b) metal líquido acondicionado.

## Segregaciones

El examen microscópico permite detectar las segregaciones y cuáles son los elementos que se segregan, la magnitud de los microrrechupes y su influencia en las propiedades y cuál ha sido la evolución de la estructura en fase sólida. Algunos elementos se concentran en el líquido residual y se segregan en los límites de grano (Fig. 22).

### ¿Dónde va a parar el Mg residual?

La fundición dúctil debe contener un pequeño porcentaje de Mg residual. La cantidad adecuada de Mg depende de la composición del hierro fundido y de las impurezas del caldo, así como de los espesores de las piezas (o velocidad de enfriamiento). Así, con el mismo porcentaje de Mg residual se puede obtener grafito esferoidal, compacto o laminar (Fig. 23).

Una cantidad insuficiente de Mg no permite el crecimiento del grafito según los planos c del hexaedro de grafito. Cuando se añade Mg en exceso, como el Mg no es soluble en el Fe, aparecerá segregado en los bordes de grano (Fig. 24).

### ¿Por qué algunos elementos impiden la formación de grafito?

La presencia de Te al combinarse con el S impide la formación de CaS y MnS, por lo que no hay gérmenes de grafitización y se forma fundición blanca (Fig. 25).

Es conocido que para obtener fundición dúctil el S debe estar neutralizado por un metal alcalinotérreo,

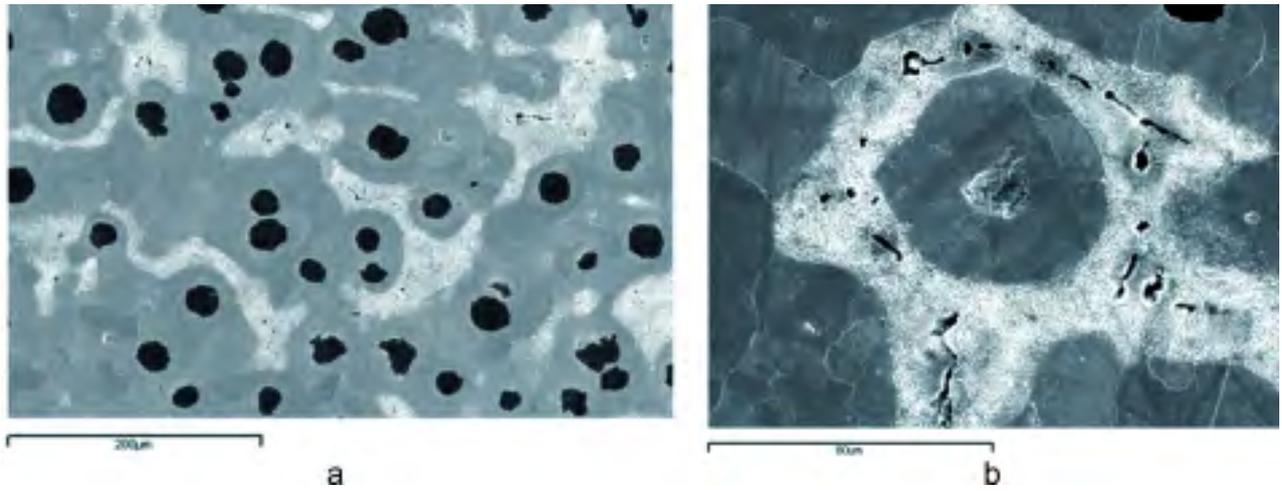


Figura 22. a) Segregación en los límites de grano; b) Microrrechupes en los bordes de grano.

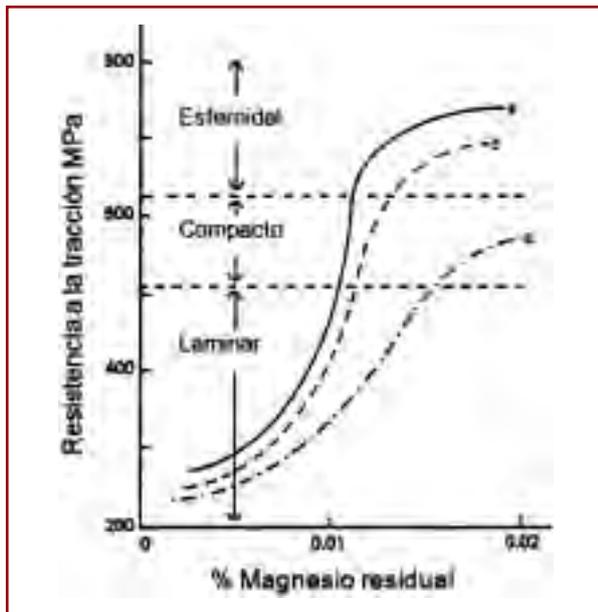


Figura 23. Magnesio residual necesario según las características del metal líquido.

de preferencia el Mg. En una pieza moldeada con resinas autofraguantes catalizadas con ácido paratoluénsulfónico, hubo difusión del S del ácido hacia el caldo<sup>15</sup>. El resultado fue que en la superficie de la pieza apareció grafito laminar y compacto (Fig. 26).

### Fin de solidificación

Al final de la solidificación, si la pieza ha estado mal alimentada aparecerán macro-rechupes o micro-rechupes, apreciándose sobre todo en este último caso la formación de dendritas. La presencia de

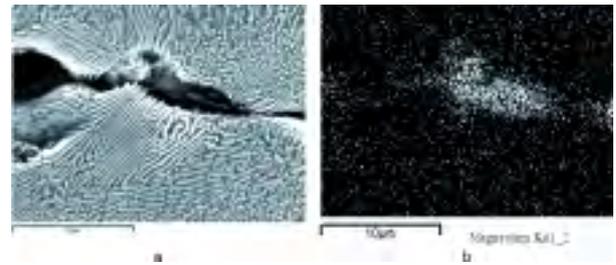


Figura 24. a) Segregación del Mg en los límites de grano; b) Distribución del Mg K en el borde de grano.

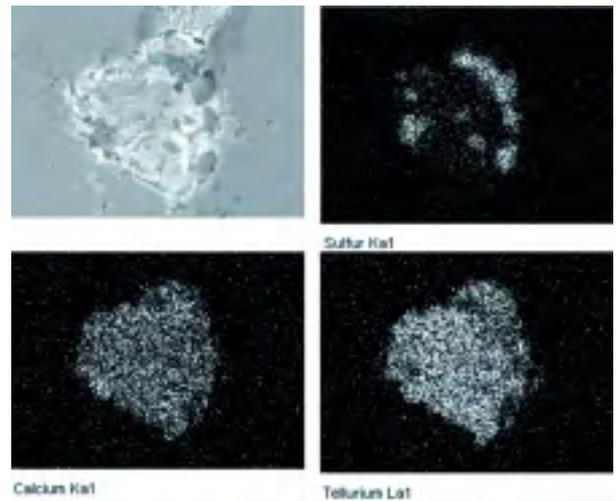


Figura 25. Distribución de S, Ca, y Te en un germen que no se ha desarrollado.

un esferoide de grafito en el centro de una dendrita explica el crecimiento desacoplado del eutéctico (Fig. 27), al contrario del grafito laminar cuyo crecimiento es acoplado.



Figura 26. Transición de grafito esferoidal a compacto y gris al disminuir el Mg residual por combinación con el S.



Figura 27. Esferoide de grafito envuelto por austenita en el último líquido solidificado.

### Microscopio confocal

El microscopio confocal (CSLM) corta ópticamente las muestras según el eje z, permitiendo observar secciones x-y siempre y cuando la muestra sea transparente a los rayos láser<sup>3</sup>. Debido a que el grafito presenta enlaces ( $sp_2 \Pi_e$ ), se comporta como una sustancia transparente y permite observar el núcleo del esferoide de grafito. (Fig. 28). Este microscopio da una información tridimensional sin otra interferencia que las interacciones entre los rayos láser y el material.

### Microscopio de fuerza atómica

El principio de funcionamiento se basa en acercar a la superficie de la probeta una barra que en su parte inferior tiene una punta nanométrica. Esta punta, en modo de contacto o no contacto, va trasladándose sobre la superficie a la vez que vibra, haciendo que los átomos del material interactúen

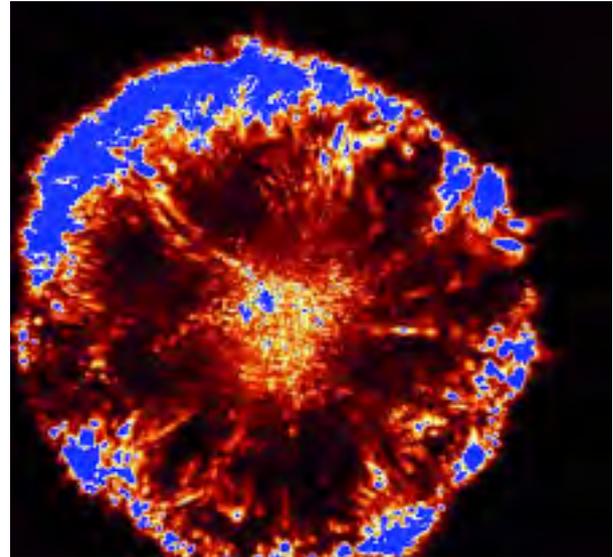


Figura 28. Imagen confocal de un esferoide de grafito.

mediante fuerzas de atracción y repulsión. Estas señales se captan y se emplean para determinar la topografía de la superficie de la probeta. Es una herramienta robusta que permite realizar imágenes a escala nanométrica de gran detalle con menor coste que un MEB de alta precisión, pero sin poder determinar mediante análisis EDS la composición química de los compuestos.

La figura 29 muestra la topografía del grafito esferoidal en el cual, al desaparecer el germen durante el pulido ha dado origen a un cráter.

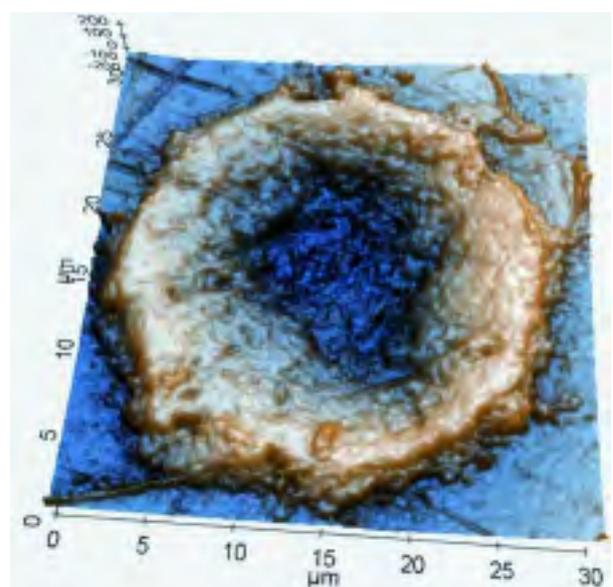


Figura 29. Cráter observado con el MFA donde estaba el germen de un nódulo de grafito.

En el caso del grafito laminar se observa perfectamente la formación de la perlita que crece perpendicularmente a la lámina de grafito (Fig. 30).

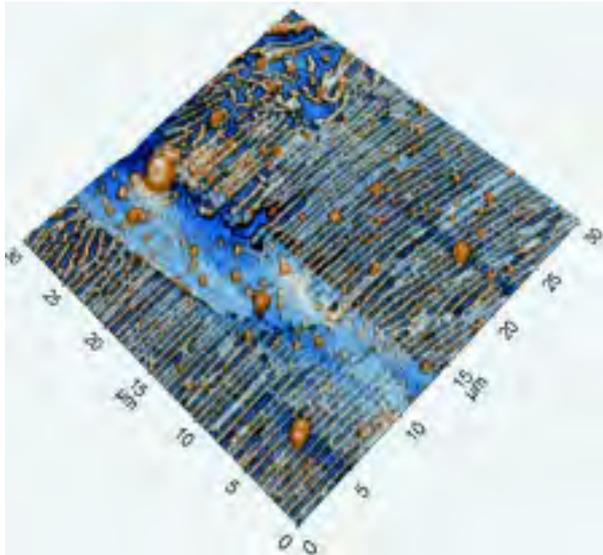


Figura 30. Formación de perlita perpendicular a la lámina de grafito.

### Rayo iónico focalizado

En las propiedades del hierro fundido influyen, además de la fracción de volumen, el tamaño y la forma del grafito, deben tenerse en cuenta su estructura

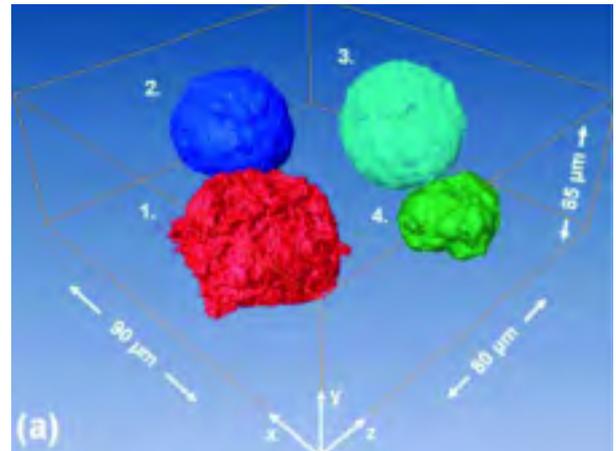
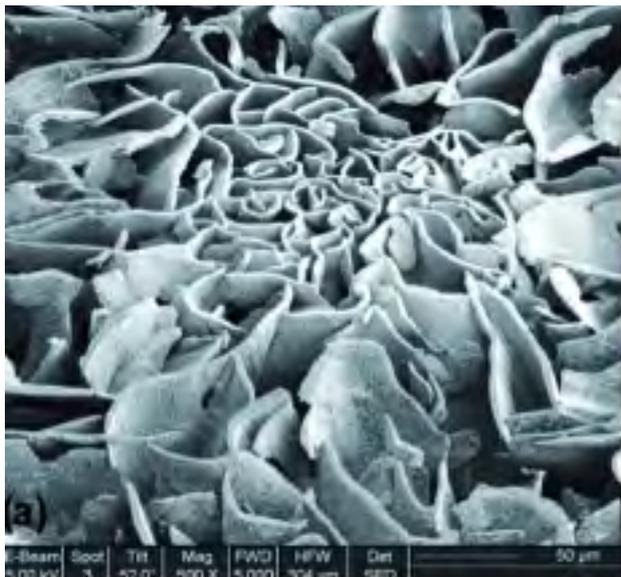


Figura 31. Reconstrucción de esferoides de grafito en 3D partiendo de los datos del FIB.

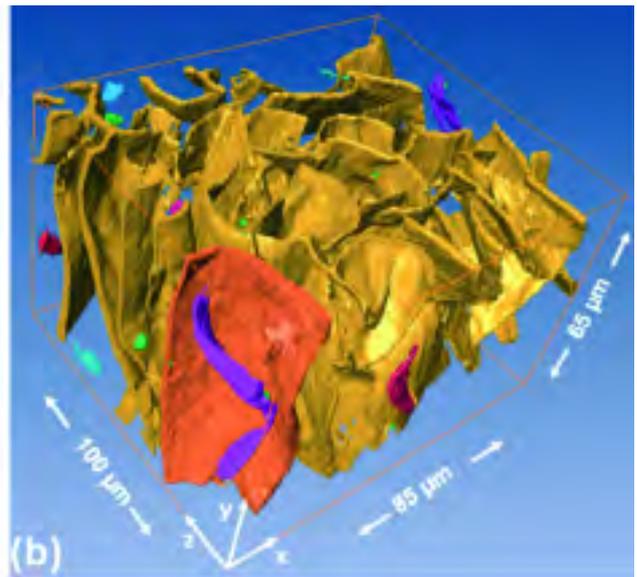
cristalográfica y la conectividad espacial. Para ello puede utilizarse el rayo iónico focalizado (FIB).

Inicialmente se identificaron en 2D los diferentes tipos de grafito y se eligieron los factores de forma, esferoidicidad y compactación, junto con el tamaño (Fig. 31). Se desarrolló un algoritmo para eliminar los factores subjetivos en la observación.

Con el FIB se realizó la caracterización tomográfica de las partículas individuales de grafito<sup>16</sup>, lo que combinado con el análisis químico y estructural, dio información sobre la nucleación, crecimiento y distribución espacial (Fig. 32).



a



b

Figura 32. a) Micrografía MEB de grafito laminar tras un ataque profundo; b) Reconstrucción en 3D del grafito laminar.

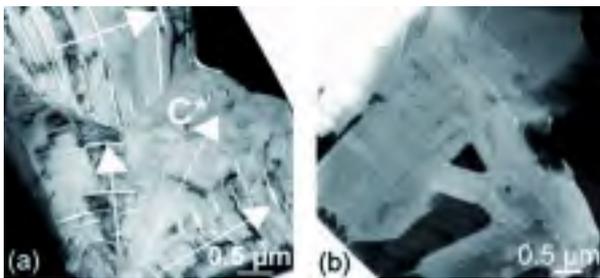


Figura 33. Estructura del grafito vermicular. a) cerca del núcleo; b) en la superficie.

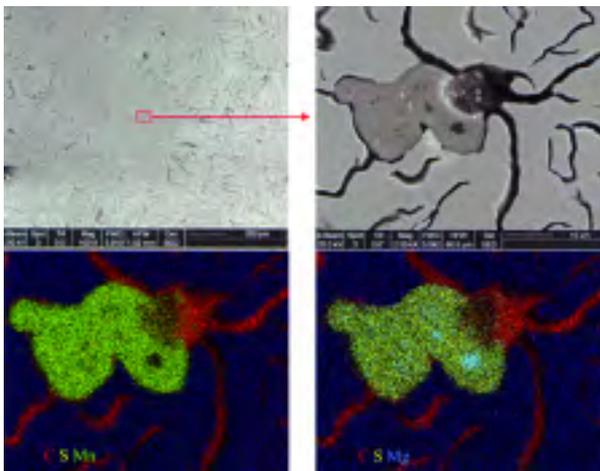


Figura 34. Distribución de C, S, Mn y Mg en un germen de grafito laminar.

Esta técnica ha permitido comprobar que el grafito vermicular crece inicialmente como el esferoidal, pero luego se ramifica y crece en la dirección *a*. Se forman laminillas compactas de grafito que provocan una gran irregularidad en la superficie del grafito vermicular<sup>17</sup> (Fig. 33), confirmando las hipótesis que formulamos hace años<sup>14</sup> sobre la formación del grafito compacto.

También se confirma que los gérmenes son sulfuros (Fig. 34).

### Conclusión

Este artículo presenta resultados de los trabajos de investigación publicados por los autores, en él hemos querido resumir nuestros conocimientos adquiridos observando al microscopio los distintos tipos de hierro fundido. Si a algún fundidor le sirve de algo, será el mejor reconocimiento de los muchos años que hemos dedicado a la fundición.

También quisiéramos recordar a los maestros y colegas cuyas enseñanzas nos han sido de gran valor:

José Navarro Alcácer, John Wallace, Isaac Minkoff, Carl Loper, Doru Stefanescu y tantos otros que nos han ayudado a convertir la metalurgia del hierro fundido en una ciencia y una tecnología punteras.

### Bibliografía

- 1) Loper Jr., C.R., "Ductile Iron Solidification Study Using Electron Microscope," AFS Transactions, vol 78, pp 963-967 (1970).
- 2) Loper Jr., C.R., Voigt, R.C., Yang, J.R., Sun, G.X., "Use of the Scanning Electron Microscope in Studying Growth Mechanisms in Cast Iron," AFS Transactions, vol 89, pp 529-42 (1981).
- 3) Tartera, J., Llorca-Isern, N., Marsal, M., Puig, M., Español, M., "Confocal microscope observation of graphite morphology", International Journal of Cast Metals Research, vol, 11, pp 459-464 (1999).
- 4) Velichko, A., "Quantitative 3D Characterization of Graphite Morphologies in Cast Iron using FIB Microstructure Tomography", Ph.D- Thesis. Shaker Verlag, Saarbrücken 2009.
- 5) Ruxanda, R., Stefanescu, D.M. "Graphite shape characterization in cast iron - from visual estimation to fractal dimension", International Journal of Cast Metals Research, vol, 14, pp 207-216 (2002).
- 6) Pradhan, S.K., Nayak, B.B., Mohapatra, B.K., Mishra, B. K., "Micro Raman Spectroscopy and Electron Probe Microanalysis of Graphite Spherulites and Flakes in Cast Iron" Metallurgical and Materials Transactions A, vol 38A, pp 2363-2370 (2007).
- 7) Rivera, G., Boeri, R., Sikora, J., "Revealing the Solidification Structure of Nodular iron", Cast Metals, vol. 8, pp 1-5 (1995).
- 8) Tartera, J., Prado, J.M., Roig, E., Marsal, M. "Influencia de los tratamientos térmicos y de la segregación en las propiedades de las fundiciones nodulares austempladas (A-DI)" Técnica Metalúrgica vol. 44 n° 293 pp. 11-17 (1989).
- 9) Tartera, J. "Mecanismo de inoculación de las fundiciones" Colada vol. 11n° 12 pp.324-31 (1978).
- 10) Pellicer, J.F., J. Tartera, y M. Marsal "Direct nodularizing from cupola iron" International Journal of Cast Metals Research vol. 16 pp. 35-39 (2003).
- 11) Tartera, J., Llorca-Isern, N., Marsal, M., Bertrán, G. "Los gérmenes de grafito. Parte 1: Fundición gris" Fundidores n° 72 pp. 49-56 (1999); Parte II: Fundiciones dúctiles n° 76 (2000 pp. 40-46; n° 77 pp. 28-30 (2000).
- 12) Tartera, J., Marsal, M., Varela-Castro, G., Ochoa, E. "Looking at Graphite Spheroids" International Journal of Metallcasting vol 3 pp.7-17 (2009).
- 13) Ochoa, E. "Mejora y control de la calidad metalúrgica de la fundición esferoidal mediante análisis térmico y acondicionadores" (Improvement of the metallurgical quality of ductile iron by means of thermal analysis and the use of conditioners) Tesis doctoral Universidad de Mondragón, (2009).
- 14) Tartera, J., Llorca-Isern, N., Marsal, M., Rojas, J.L. "Similarities of nucleation and growth of spheroidal and compacted graphite" International Journal of Cast Metals Research vol.16 pp. 131-135 (2003).
- 15) Tartera, J. "O enxofre, amigo ou inimigo do fundidor?" Fundição vol. 13 n° 137 pp. 65-76 (1981).
- 16) Velichko, A., Holzapfel, C. y Mücklich F. "3D Characterization of Graphite Morphologies in Cast Iron" Advanced Engineering Materials n° 1-2 pp. 39-45 (2007).
- 17) Hatton (née Velichko), A., M. Engstler, P. Leibenguth, F. Mücklich "Characterisation of graphite crystal structure and growth mechanisms using FIB and 3D image analysis" Advanced Engineering Materials Vol. 13 n°3 (2011), 136-144.

# “Aluminium High Pressure Die Casting Seminar”

Por Instituto de Fundición TABIRA

La jornada técnica “Claves de competitividad para la industria del aluminio inyectado” ha reunido a un total de 89 profesionales provenientes de 42 empresas, en las instalaciones del Centro de Investigación Metalúrgica Azterlan-IK4, durante la sesión de trabajo celebrada el pasado 13 de noviembre de 2012.

A lo largo del seminario se han presentado algunas de las claves más destacadas de la tecnología de inyección de aluminio, dando a conocer las características metalúrgicas de las aleaciones de Al empleadas en alta presión, analizando los principales defectos en pieza, detallando los principales mecanismos de fallo de los moldes de inyección, compartiendo criterios para la selección y optimiza-

ción de los aceros, presentando nuevos avances en materiales lubricantes, así como en la gestión térmica del molde mediante herramientas de control termográfico, e introduciendo nuevos desarrollos de aleaciones con aplicaciones para la industria automotriz.

El seminario se ha enmarcado en los actos de la X-VIII Semana Europea de la Calidad y la Excelencia, y ha contado con la destacada colaboración de reconocidos especialistas nacionales e internacionales de las empresas UDDEHOLM AB, MOTULTECH-BARALDI, ATM2000 y GFC, que junto con técnicos del Centro Tecnológico AZTERLAN-IK4, han compartido sus conocimientos, experiencias e investigaciones con técnicos y profesionales de fundicio-



El seminario ha contado con una destacada participación de técnicos de empresas.

nes de aluminio, empresas diseñadoras y constructoras de moldes, suministradores de materias primas y equipos, empresas de tratamiento térmico, compañías de recubrimientos y constructores de automóviles, ... entre otros.

Tras una breve introducción a la jornada a cargo del secretario general del Instituto de Fundición Tabira, Sr. Xabier González, quien ha agradecido la presencia y participación de tan extraordinario plantel de conferenciantes y ha reseñado la relevancia e interés de los temas a tratar, el Sr. Emili Barbarias, director comercial de UDDEHOLM en España, ha destacado el planteamiento técnico de la jornada y ha compartido una reflexión inicial sobre la importancia de un análisis global de costes en el complejo proceso de inyección (el iceberg de los costes, que muestra una parte importante de costes ocultos, a veces no considerados adecuadamente), en el que los moldes juegan un papel determinante.

### Principales defectos en componentes de Al

La primera conferencia ha corrido a cargo de los técnicos Sr. Asier Bakedano y Sra. Ana Fernández, responsables de Aluminio del Dpto. de Ingeniería, I+D y Procesos Metalúrgicos de AZTERLAN-IK4, que han pormenorizado su intervención en la caracterización y análisis de los principales defectos en inyección de Aluminio, desgranando su origen y aportando soluciones innovadoras de proceso para cada uno de ellos.

Tras una breve introducción a las principales características de la inyección de aluminio, que "cuenta con una alta productividad a bajo coste, frente a otros procesos de fabricación de piezas de aluminio, permite fabricar componentes de geometrías complejas con espesores finos, dispone de una menor criticidad del defecto, una porosidad intrínseca, propiedades mecánicas limitadas frente a otros materiales y requerimientos de estanqueidad en muchas de sus aplicaciones", el Sr. Asier Bakedano dedicó el resto de su presentación a detallar los principales defectos asociados al proceso de inyección.

Partiendo de una clasificación inicial en tres grandes bloques: defectos internos, superficiales y dimensionales, el Sr. Bakedano ha hecho un extenso análisis de cada una de las posibles incidencias, explicando en detalle el defecto, su origen y las posibles vías de trabajo para su resolución (acciones preventivas y correctivas).

Dentro de los defectos internos se ha mencionado la porosidad por atrapes de aire o gas (contenido de hidrógeno o contracción), la presencia de óxidos e inclusiones no metálicas, inclusiones metálicas y segregaciones, juntas y gotas frías, cold flakes y la inadecuada unión de insertos con el aluminio en materiales combinados.



Sr. Asier Bakedano. AZTERLAN-IK4.

En referencia a los defectos superficiales tratados, figuran entre otros la porosidad – gas, contracción y hundimientos-, las juntas y gotas frías, las grietas en caliente y en frío (originadas durante y después de la solidificación), adherencias, arrastres y agarres, fatiga térmica del molde, erosión y cavitación, marcas de expulsores y ampollas (porosidad de gas cercana a la superficie).

Por último, los defectos dimensionales tratados incluyen las deformaciones o distorsiones en pieza y la rebaba (fruto de altas temperaturas del metal, de un ajuste y presión de cierre de molde incorrecto, de un desgaste del molde o de que el retardo de la tercera fase o la contrapresión programada no es correcta).

### Mecanismos de fallo en los moldes de inyección

Tras una breve pausa café, el Sr. Jerker Andersson, Business Development of Hot Work Die Steels de UDDEHOLM AB (Suecia), apoyado por el Sr. Emili Barbarias (director comercial de UDDEHOLM España), ha realizado una brillante exposición orientada al análisis de los principales mecanismos de fallo en los moldes de fundición inyectada.

Del conjunto de parámetros que influyen en la vida del molde (diseño, características de fabricación, materiales empleados, tratamiento térmico, tratamiento superficial, equipo inyector y características del proceso de fundición, mantenimiento), el Sr. Andersson ha centrado los contenidos de su presentación en el apartado de los materiales (aceros empleados en la construcción de moldes).

“Los materiales desempeñan una función determinante en el comportamiento del molde en servicio. Las propiedades más destacadas de los aceros para el trabajo en caliente son, entre otras, la ductilidad, la tenacidad, la resistencia al revenido, el alto límite elástico a temperaturas elevadas, la resistencia a la fluencia, la conductividad térmica, la templeabilidad y que posean bajos coeficientes de expansión térmica. Las dos primeras dependen directamente de la propia calidad del acero (método de producción, grado de limpieza del metal y calidad del tratamiento térmico empleado), mientras que el resto de propiedades se asocia a una determinada composición química o norma del acero”.

La fatiga térmica es el principal mecanismo de fallo en los moldes de fundición inyectada. Este fenómeno está originado por una combinación de sollicitaciones térmicas cíclicas, de tensiones y de deformaciones plásticas durante el proceso productivo (ciclos de calentamiento y enfriamiento en la superficie del molde en contacto con el Al). Las propiedades más relevantes del acero para retrasar el inicio y la propagación de las grietas por fatiga térmica son una alta ductilidad y una buena tenacidad del material. Tal y como apunta el Sr. Andersson “la distribución de la temperatura y las sollicitaciones en la superficie del molde juegan un papel fundamental en la vida del utillaje, siendo



Mr. Jerker Andersson. UDDEHOLMS AB (Sweden).



Sr. Emili Barbarias. UDDEHOLM.

fundamental mantener los picos de temperatura tan bajos como sea posible”.

El Sr. Andersson ha completado su presentación con una descripción detallada de otros mecanismos de fallo, como son las roturas (fruto de una sobrecarga temporal de carácter térmico o mecánico sobre el molde), la erosión o cavitación (relacionada con una baja resistencia en caliente del acero, una lubricación insuficiente, una velocidad en ataque demasiado alta, una alta temperatura de colada o temperatura del molde y con el tipo de aleación a inyectar), los pegados (debidos a un contacto directo entre la colada y el acero, a la ausencia de capa protectora, a unas malas condiciones de pulverización, a una temperatura demasiado alta del molde o de la colada) y las macro-indentaciones o hundimientos, relacionadas directamente con la resistencia al revenido, la dureza y el tipo del acero empleado.

### Claves para la gestión térmica del molde

La siguiente conferencia ha corrido a cargo del Dr. Cosimo Raone, Research and Development Manager de la empresa MOTULTECH-BARALDI, que junto con el Sr. Jon Sagasti de la firma ATM 2000, han compartido con la audiencia algunas de las claves para la correcta gestión térmica del molde mediante la utilización de lubricantes avanzados y sistemas de control termográfico.

La lubricación juega un papel determinante en el proceso de inyección de aluminio y tiene como principal objetivo enfriar y equilibrar las temperaturas del molde, facilitar el flujo y la compactación de la aleación fundida, lubricar los expulsores y los

machos, proteger el molde de la soldadura (acción química) y de la erosión (acción física), facilitar el desmoldeo de la pieza de la cavidad del molde y facilitar un correcto acabado a las piezas de fundición.

El Dr. Raone ha destacado la importancia de enfriar y equilibrar adecuadamente las temperaturas de la superficie del molde. “Es necesario avanzar en el control y la gestión térmica del molde. Aunque existen sistemas cada vez más eficaces para el enfriamiento interno, la lubricación sigue siendo todavía la última herramienta para depurar el equilibrio térmico de la superficie del utillaje”.

Tras un breve análisis del tiempo de ciclo en la producción de componentes inyectados de aluminio, el Sr. Raone incide en la oportunidad existente para la optimización de la fase de lubricación, que consume entre un 20% y un 40% de dicho tiempo de ciclo. “Es posible aumentar la capacidad de producción casi exclusivamente acortando la fase de lubricación del molde, fase que tiene a su vez una gran influencia sobre los defectos de las piezas fundidas”.

La mayoría de los defectos y rechazos en pieza tienen una relación directa con la distribución de la temperatura del molde. La respuesta tecnológica aportada por esta importante empresa multinacional viene orientada en dos líneas de trabajo: Por un lado, en el desarrollo de un producto lubricante avanzado (TTV series), estudiado especialmente para reducir la fatiga térmica del molde, que permite trabajar a más alta temperatura y reducir el fenómeno de pegado/soldado (gran capacidad para crear película a altas temperaturas, gran poder de adhesión y buena limpieza del molde). El objetivo de



Dr. Cosimo Raone. MOTULTECH-BARALDI (Italia).



Sr. Jon Sagasti. ATM 2000.

esta nueva gama de productos es aplicar la menor cantidad de lubricante en el menor tiempo posible. Por otro lado, a través de la utilización de un nuevo sistema termográfico desarrollado no sólo para mejorar la fase de la lubricación, sino para asegurar la gestión térmica del molde durante las etapas de calentamiento y producción. El sistema Total Thermal Vision supera los límites de una termocámara manual, ya que permite comprobar el estado del molde y obtener datos fiables siempre en el mismo momento y posición, que permitirán mejoras futuras de diseño y proceso.

### Criterios para la correcta selección de aceros

La sesión de tarde ha comenzado con la intervención de Mr. Bengt Klarenfjord, Product Manager of Hot Work Applications de la compañía UDDEHOLM AB (Suecia), que centró su presentación en los criterios de selección de los aceros para la optimización de la vida de los moldes de inyección.

El Sr. Klarenfjord ha presentado las propiedades principales del acero de herramientas para trabajo en caliente, entre las que ha destacado el coeficiente de expansión térmica para las aplicaciones de inyección: “un bajo coeficiente de expansión térmica conduce a una menor expansión y contracción entre la superficie y el núcleo del molde, y por lo tanto, a menores tensiones inducidas”.

Tras una detallada descripción del proceso de producción de los aceros, que pasa por la fusión y refusión en atmósfera protectora (ESR/PESR), un tratamiento térmico de homogeneización – de gran importancia para disponer de una buena tenacidad del acero en el molde-, forjado y mecanizado,

concluyendo en controles de calidad como inspección por ultrasonidos, controles de dureza, microestructura, microlimpieza y tamaño de grano, el Sr. Klarenfjord ha realizado una comparación cualitativa de las propiedades críticas del acero en la gama de productos comercializados por esta empresa multinacional para la aplicación en moldes de inyección, destacando la tenacidad como la característica clave frente a la fatiga térmica, para la cual se necesita un buen material de base y un buen tratamiento térmico.

La última etapa de la presentación ha contado con una serie de casos prácticos, donde se han mostrado las ventajas competitivas y de reducción de costes asociada a la utilización de algunos de estos materiales en aplicaciones concretas (Orvar supreme: recomendado para moldes con grandes requerimientos de resistencia y ductilidad, Vidar Superior: recomendado en moldes medianos a grandes donde la resistencia y la tenacidad/ductilidad son relevantes, Dievar: recomendado para moldes medianos y grandes con grandes necesidades en resistencia y muy grandes requerimientos en ductilidad/tenacidad, QRO 90 Supreme: Recomendado para pequeños moldes, postizos y machos, y especialmente adecuado para la fundición de latón).



Mr. Bengt Klarenfjord. UDDEHOLM AB (Suecia).

En sus conclusiones finales, Mr. Bengt Klarenfjord, ha desglosado las tendencias de trabajo en caliente y las demandas sobre los aceros de los utillajes: "los componentes son cada vez más grandes y complejos (espesores más finos, tolerancias más estrechas y geometrías más complejas), por consiguiente, se incrementa el tamaño de los moldes, con mayores requerimientos de calidad en larga serie, se demandan mayores resistencias a desgas-

te y a temperaturas elevadas, así como una ductilidad y tenacidad mejorada".

El cierre de la jornada técnica ha corrido a cargo de Mr. Michel Garat, antiguo Director de I+D de la empresa PECHINEY con toda una carrera profesional alrededor de la metalurgia del aluminio, que en colaboración con la investigadora del área de Ingeniería, I+D y Procesos de Fundición de AZTERLAN-IK4, la Sra. Ana Fernández, han introducido los nuevos desarrollos y calidades avanzadas de aluminio inyectado de alta ductilidad.

Se trata de materiales con los que se pueden llegar a obtener alargamientos de entre un 7 y un 20% (más comúnmente entre un 10% y un 18%). Su límite elástico y carga de rotura dependen en buena medida del tratamiento térmico y del tipo de aleación empleados, siendo las más comunes: AlSi10MnMg(T7), AlSi10MnMg(T6), AlSi8MnMg(F) y AlMg5Si2Mn(F).

Las aleaciones dúctiles en aluminio son el resultado de la combinación de una buena aleación, tratamiento térmico del metal (aplicados de manera habitual en las piezas críticas) y de la tecnología de proceso empleada, orientados a asegurar la ausencia de porosidad en la pieza, objetivo final para evitar la pérdida de propiedades técnicas.

Respecto a las características metalúrgicas, no es necesario un contenido de Fe muy bajo, pero sí un razonable bajo contenido de Cu, así como una buena modificación del silicio eutéctico en el tipo de aleación Al-Si.

La calidad de colada (ausencia de óxidos y un correcto desgasificado) debe ser tenida en consideración. La ausencia de porosidad es por supuesto crítica, evitándose las inclusiones de gas por medio de la aplicación de vacío y de un adecuado proceso de lubricación con lubricantes de bajo desarrollo gaseoso, en las que el diseño del molde y las fases de inyección juegan a su vez un papel muy importante.

Se abre por tanto un campo de aplicación de gran interés para la industria del automóvil, con el avance de aleaciones y procesos que permiten obtener componentes de aluminio de mayores prestaciones (en particular, mayores alargamientos), cuyas aplicaciones van más allá de piezas estructurales - piezas de suspensión, cárteres de aceite, marcos de las puertas, ..etc-.

En el futuro, la necesidad de reducir el peso de los vehículos puede implicar el uso de algunas de es-

tas piezas (incluso de menor tamaño) en series más numerosas, una vez desarrollada la tecnología e introducida su utilización en vehículos de gama alta.

AZTERLAN-IK4 seguirá desarrollando este campo en un importante proyecto de investigación llevado a cabo con agentes y empresas de Alemania, Francia y España.



Mr. Michel Garat. GFC (Francia).



Sra. Ana Fernández. IK4-AZTERLAN.

El intercambio de experiencias y conocimientos técnicos, las múltiples reflexiones planteadas, así como la visión práctica a través de casos concretos de aplicación, junto con la destacada participación de las empresas, han sido algunas de las claves del éxito de la jornada.

Debido a la alta demanda e interés generado en las empresas del sector, se coordinará una segun-



Ponentes "Aluminium High Pressure Die Casting Seminar".

da edición de este marco de trabajo a comienzos del año 2013.

Desde el Instituto de Fundición TABIRA deseamos agradecer el esfuerzo y la colaboración de los técnicos de UDDEHOLM, MOTULTECH-BARALDI, ATM2000, GFC, del Centro Tecnológico IK4-AZTERLAN y de EUSKALIT, que han hecho posible la coordinación y materialización de este interesantísimo marco de trabajo.

An advertisement for the website www.pedeca.es. It features a central graphic with the text "Nueva WEB www.pedeca.es" in large white letters on a dark background. Surrounding this text are four book covers: "FUNDI" (Fusión), "MOLD" (Moldeo), "SURFAS" (Superficies), and "TRATER" (Tratamiento). At the bottom, there are social media icons for Facebook and Twitter with the text "Síguenos en".

# Nuevos desarrollos para instalaciones y procesos en la técnica de hornos de inducción

Por Otto Junker

Gracias a un constante trabajo de desarrollo se ha alcanzado la victoria de la técnica de inducción y el desarrollo de las instalaciones de media frecuencia, hacia instalaciones de fusión más seguras y energéticamente eficientes que se caracterizan por un alto rendimiento, flexibilidad y adecuación a procesos metalúrgicos. La utilidad técnica y económica siempre ha estado en el centro de las innovaciones. Este trabajo continúa con gran compromiso como veremos a lo largo del presente artículo.

## Técnicas de conexión

La percepción ideal desde el punto de vista metalúrgico en el proceso de fusión consiste en ajustar la potencia térmica y el caudal del metal líquido, de forma que se consigan las condiciones tecnológicas necesarias. A su vez también se trata de con-

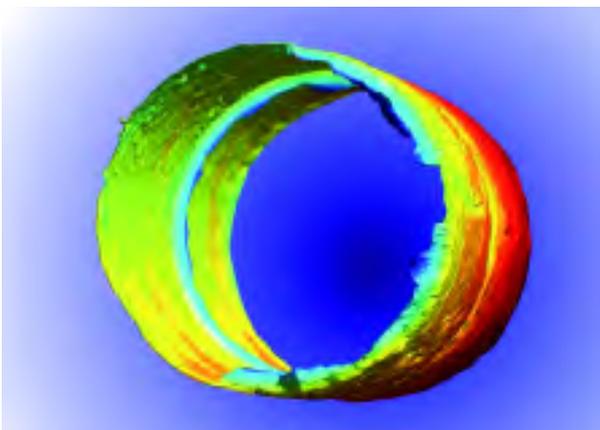
seguir separar la potencia eléctrica del movimiento del metal, es decir poder ajustar los movimientos del metal en el horno de forma independiente de la potencia. Mientras que el ajuste de la potencia eléctrica y por tanto la potencia térmica se puede configurar fácilmente en la técnica de la instalación, la influencia independiente del movimiento del metal sólo se puede conseguir mediante técnicas de conexión específicas.

Cuando se habla de movimientos de baño intensivos, hay que diferenciar entre una buena mezcla de todo el material líquido y una corriente superficial, tal y como explicaremos a continuación.

Con los desarrollos de los últimos años Otto Junker ha conseguido cumplir con la tarea descrita sobre las variantes de conexión, Power Focus y Multifrecuencia que se emplean con éxito en numerosas instalaciones.

La técnica Power Focus permite la concentración de potencia automática o de libre selección en la zona de la bobina en la que resulta necesaria (abajo o arriba). Por ejemplo, en un horno medio lleno se puede realizar una concentración de potencia en la zona inferior del crisol y con ello alcanzarse una mayor absorción de potencia. Por otro lado con un horno completamente lleno se puede incrementar la potencia en la zona de bobina superior y con ello, gracias al mayor movimiento del baño, alcanzar una mejor agitación, por ejemplo, de virutas.

La técnica de multifrecuencias permite una conmutación de la frecuencia operativa en el proceso



de fusión en marcha. Por ejemplo, para la fusión de los materiales de carga se trabaja con la frecuencia apropiada de 250 Hz, mientras que para los agentes carburantes y aditivos de aleación se pasa a una frecuencia más baja, por ejemplo, de 125 Hz. La experiencia muestra que mediante el cambio a una frecuencia más baja, el proceso de carburación en la corrección de análisis de la fusión de hierro se puede acelerar de forma notable. (Figura 1)

También hay que mencionar que una combinación de ambas técnicas de conexión es posible para poder mejorar los efectos deseados.

Con los nuevos desarrollos en el uso de las ventajas técnicas que ofrece la técnica de inversores de IGBT se consigue ampliar notablemente estas posibilidades:

Junto a la técnica probada de inversores en base a tiristores, el desarrollo de inversores IGBT ha gana-

do importancia en los procesos electrotérmicos. En este caso, en lugar de los tiristores en el convertidor se emplean IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors). Los inversores IGBT de Otto Junker se caracterizan por su ejecución estandarizada y modular. Los convertidores forman junto con los condensadores de circuito intermedio un solo elemento constructivo. Este elemento se puede aplicar en distintas variantes de conexión, como por ejemplo:

- Convertidores independientes para varios hornos.
- Varios convertidores para bobinas parciales en una instalación.
- Conexiones paralelas para aumentar el rendimiento.
- Conexiones en línea para aumentar la tensión.

En base a una instalación suministrada recientemente, presentamos las posibilidades tecnológicas

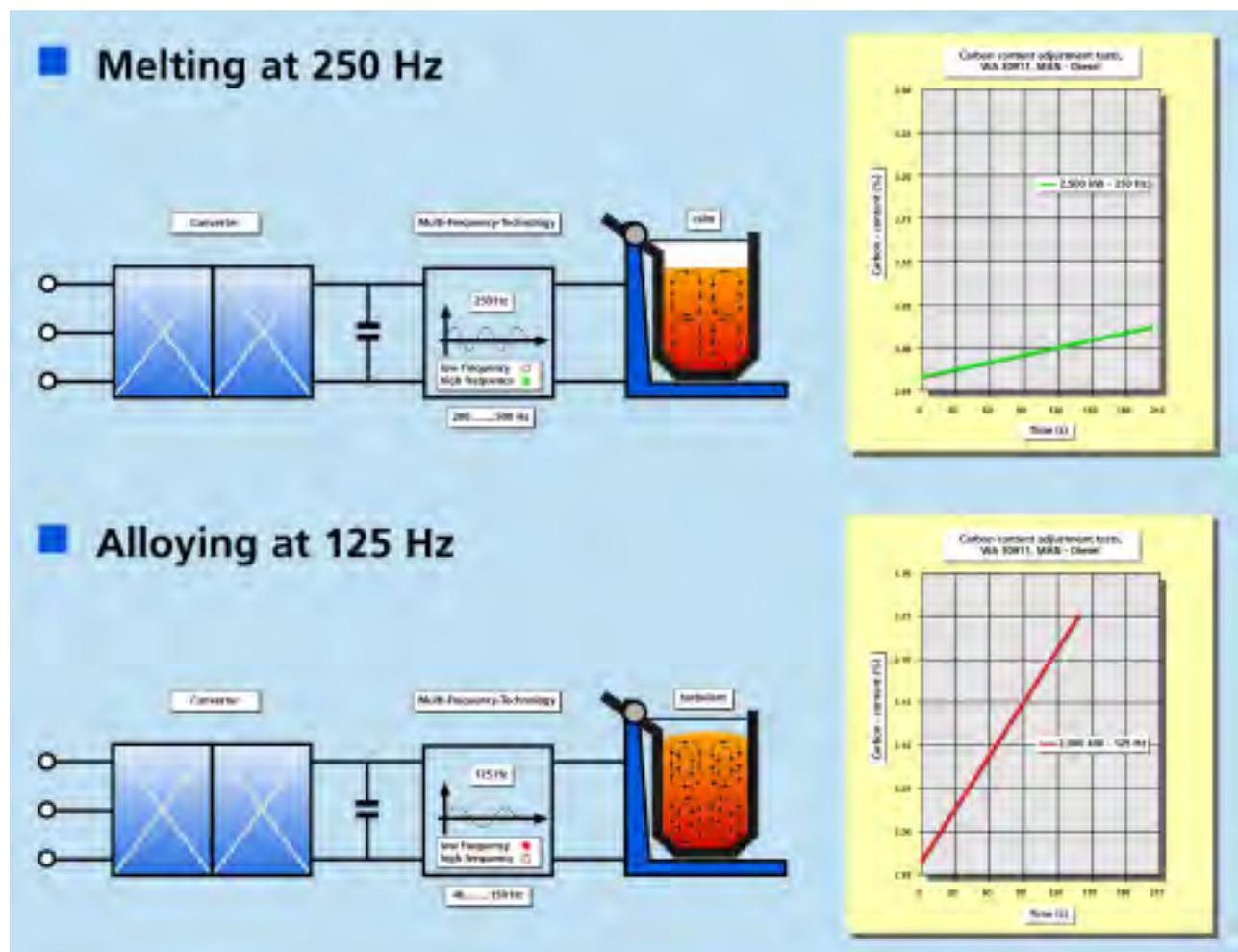


Figura 1.

de una instalación de inversores IGBT orientada al proceso:

El proyecto para fundir y tratar un metal ligero especial tenía previsto y debía garantizar en un solo proceso de fusión, una potencia muy elevada y a continuación en el proceso metalúrgico posterior un movimiento de baño elevado pero regulable. Simultáneamente había que alcanzar un movimiento de baño elevado, tanto en el interior del metal líquido como en la superficie de baño.

El proceso metalúrgico se caracteriza por un intercambio de materiales en la superficie de baño en el que la energía térmica aportada en esta fase deberá ser reducida. La ejecución del inversor IGBT con dos convertidores separados y un control que permite el funcionamiento desfasado de las bobinas parciales del horno, era la condición técnica necesaria para poder influir en el movimiento del baño. El horno funciona durante el proceso de fusión con una frecuencia nominal de 250 Hz y puede regularse con una baja potencia sin pasos en la frecuencia entre 33 a 100 Hz, para aumentar el movimiento del baño. El ajuste del desfase entre las bobinas parciales permite una modificación de la corriente (dirección de giro y velocidad) en la zona central de la bobina. Con esto, la velocidad de corriente máxima se desplaza al interior del baño y se consigue mejorar la mezcla de todo el metal.

Las mediciones de corrientes realizadas (Figura 2) confirman esta afirmación.

La efectividad de la solución técnica escogida se probó con éxito en la ejecución final de esta insta-

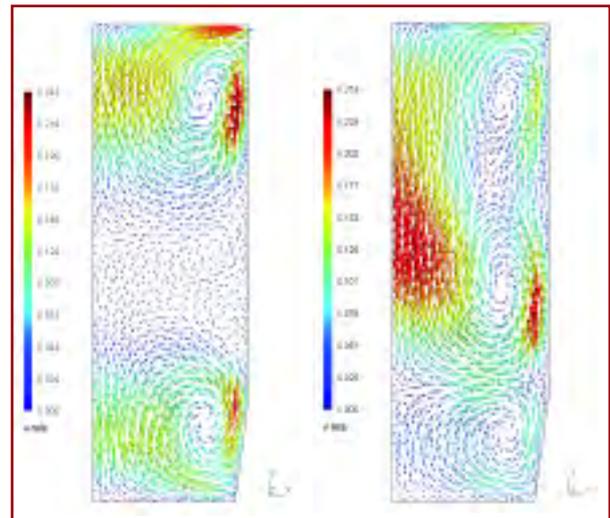


Figura 2.

lación industrial, en nuestra fundición laboratorio. A fecha de hoy este horno también ha demostrado su efectividad en la producción continua.

La suma de soluciones técnicas ofrecidas para influir la corriente de metal en el horno de crisol para aplicaciones metalúrgicas especiales, está a disposición de los retos que planteen los distintos conceptos de instalaciones, como muestra la tabla 1.

### INULADLE- Sistema de cucharas calentado por inducción

El objetivo de este desarrollo era diseñar y fabricar

Influencia del movimiento del caldo en los hornos de crisol		TABLA 1
Solución Técnica	Ejemplo de aplicación	
Técnica Multi-frecuencia Conmutación p.e 250/125 Hz	Calentamiento de hierro de fundición, trabajos con aleaciones	
Técnica Power Focus Potencia en bobina superior o bobina inferior	Fusión de virutas de gran rendimiento, p.e virutas de aluminio	
Técnica Baja Frecuencia Frecuencia de trabajo 100 Hz hasta 30 Hz	Trabajos de aleaciones intensivos, p.e. aleaciones de Aluminio, fusión de virutas, fusión de materiales de grano fino, polvo de metal, etc. Cr., FeMn, FeSi, reacción de superficie para limpieza, preparación de chatarra mediante reciclaje y perfeccionamiento	
Técnica orientada a proceso IGBT Frecuencia variable (p.e 250, sin pasos 100-33 Hz) y uso de bobinas parciales con alimentación de desplazamiento de fasas	Técnica Baja Frecuencia combinación de rendimiento elevado y mezclado intensivo en todo el crisol con rendimiento bajo instalaciones piloto, para establecer el punto de trabajo óptimo en relación a la entrada de calor y velocidad de corriente	

un recipiente de calefacción por inducción transportable que pueda utilizarse desde el concepto básico tanto como recipiente de transporte y mantenimiento, como grupo complementario metalúrgico para trabajos de aleación y otros procesos metalúrgicos. Por lo tanto se requiere que el concepto de este recipiente debe permitir una absorción de potencia del metal líquido y un suficiente movimiento del caldo más allá de la necesidad de mantenimiento de calor. Además, deberá ser posible en principio también el trabajo bajo vacío.

Ello implica diferentes requerimientos a la alimentación eléctrica. En el caso más sencillo se trata de un puesto de calefacción de cuchara operado con frecuencia de red y con reducida potencia nominal, y en otros casos se empleará una instalación de conexión de media frecuencia de elevada potencia a ser posible con la técnica IGBT con la posibilidad de variación de frecuencia.

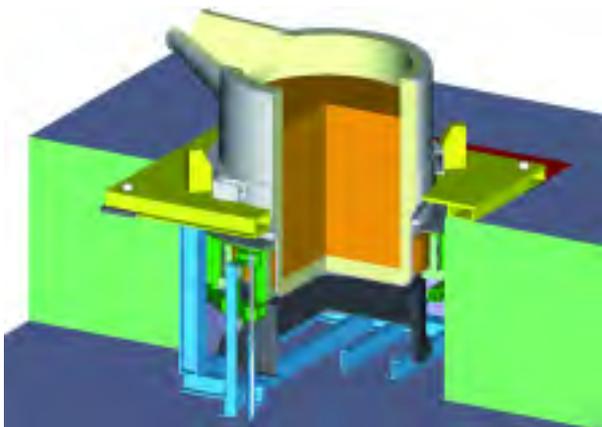


Figura 3: Principio del puesto de calentamiento de cucharas.

Los sistemas de calefacción desarrollados en este campo hasta ahora para cucharas<sup>1</sup> no han tenido mayor aplicación industrial por diversos motivos. Un desarrollo más reciente representa el sistema INDUREF (Induction Ladle Refining Furnace) que se ha concebido especialmente para aplicaciones de metalúrgicas secundarias en la industria del acero<sup>2</sup>. Sin embargo las cifras publicadas inducen a dudas sobre la eficiencia energética por el grado de

rendimiento total de una unidad de 15 t, que está en 40%. Además del informe sobre un caso de aplicación en el año 2002, no se disponen de otras informaciones sobre la aplicación industrial de este sistema.

La base del nuevo concepto de OTTO JUNKER es el sistema de calefacción inductivo para cucharas de transporte de la Firma INDUGA<sup>3</sup>, que ha seguido desarrollando y optimizándose. Este se basa en que con modificaciones constructivas adecuadas pueden reformarse las cucharas de transporte usuales para este cometido, es decir no se requieren imprescindiblemente cucharas nuevas. La reforma se refiere especialmente a la incorporación de una ventana llamada magnética en la parte inferior de la cuchara para evitar una absorción de potencia de la camisa de la cuchara. Con ello se consigue que la introducción de potencia debida al campo alternativo electromagnético se realice de forma eficiente directamente en el baño del caldo y se minimiza el calentamiento de la camisa de la cuchara.

La cuchara de transporte se posiciona mediante grúa o carretilla en el puesto de calentamiento. Ese puesto de calentamiento se ha diseñado de tal forma que la bobina de inducción cubre o abarca la mitad inferior de la camisa de la cuchara. Por lo tanto la estructura es muy similar a un horno de crisol de bobina corta; no obstante la cuchara y el puesto de calentamiento forman dos unidades constructivas totalmente separadas. En la Figura 3 se representa esquemáticamente el principio del sistema de calentamiento e cuchara.

Antes de iniciar la reforma de la cuchara se efectuaron amplios cálculos numéricos de diversas ejecuciones constructivas para la optimización del campo electromagnético, para maximizar la introducción de potencia en el baño de caldo y a la vez reducir el calentamiento de la camisa de cuchara. En base de estos conocimientos se llevó a cabo la reforma de una cuchara de transporte. El siguiente test de la cuchara dio un resultado satisfactorio: Se demostró la capacidad de funcionamiento y la introducción de potencia se realizó casi exclusivamente dentro del caldo. Referido al proceso de mantenimiento térmico se pudo alcanzar un grado de rendimiento del 70% aproximadamente. Actualmente se lleva a cabo el ensayo bajo condiciones de producción en la propia Fundición.

<sup>1</sup> Eidem, M; Sjörgen, B.: 12 Internationale ABB Fachtagung für Industrieofenanlagen, Dortmund, 1991.

<sup>2</sup> Bhandari, M.: Norval, D: "INDUREF"- Induction ladle refining for secondary metallurgical applications. Tenth International Ferroalloys Congress Cape Town, South Africa, 1.-4. Februar 2004.

<sup>3</sup> Patente: DE 10 2004 008 044 A1, Solicitante: INDUGA Industrieofen und Giesserei- Anlagebau GmbH & Co. KG.

El sistema flexible por principio tiene los cometidos siguientes potenciales además de su función como recipiente de transporte y mantenimiento como grupo complementario metalúrgico:

- Sobrecalentamiento del caldo,
- Realización de trabajos de aleación,
- Introducción de carburantes (hierro fundido),
- Descarburar (acero), desoxidación (acero),
- Reducción del contenido de azufre (hierro fundido) y
- Desgasificación del caldo.

### Sistemas de control de crisoles:

Es sobradamente conocido que tanto la bobina de inducción como el revestimiento refractario son elementos muy sensibles de cada horno de fusión. Su durabilidad y fiabilidad determinan su disponibilidad y por tanto el rendimiento de una instalación de fusión por inducción. El control visual del estado del crisol por el fundidor después de cada carga es indispensable, aunque no siempre es suficiente y en los casos que haya un pie de baño de utilidad relativa. Con frecuencia las fisuras o cavidades se detectan demasiado tarde.

Por tanto en control automático es más adecuado para controlar el estado del revestimiento refractario y se puede realizar mediante sistemas de medición continua de temperatura o una medición óptica automática y periódica de los contornos del interior del crisol. Gracias a la medición constante de la temperatura local se puede detectar rápidamente el riesgo de deterioro de la cerámica y un posible daño en la bobina. La medición óptica del estado de los contornos del interior del crisol sólo es posible cada cierto tiempo, por lo que no habrá un control continuo del proceso de fusión. De lo anterior se desprende que los sistemas ópticos no son equiparables a los sistemas de medición de temperatura continuos, sino que los complementan por lo que en estos casos habría que asumir las limitaciones que genera la falta de control continuo.

La medición geométrica exacta del desgaste del crisol supone una gran ventaja de estos sistemas y representa una gran ayuda para poder determinar el origen del desgaste.

El nuevo sistema de control de crisol OPC (Optical Coil Protection) de Otto Junker es un sistema de medición y control de temperatura de última generación que utiliza sensores de fibra óptica, que son

especialmente adecuados para el control sin interferencias en hornos de fusión por inducción y permiten la determinación de la temperatura de campo de forma adecuada directa e independiente.<sup>4</sup>

Este sistema ha demostrado su fiabilidad y rentabilidad en más de 100 instalaciones repartidas por todo el mundo.

El dispositivo de medición de crisol desarrollado por Otto Junker llamado Lining Periskope mide el contorno interior del crisol mediante un dispositivo de medición láser que desciende en el crisol y rota. La Figura 4 muestra el dispositivo de medición completo y su estructura que se apoya en la cabeza del horno.

El proceso se caracteriza por lo siguiente:

- Gran exactitud del dispositivo de medición por láser.

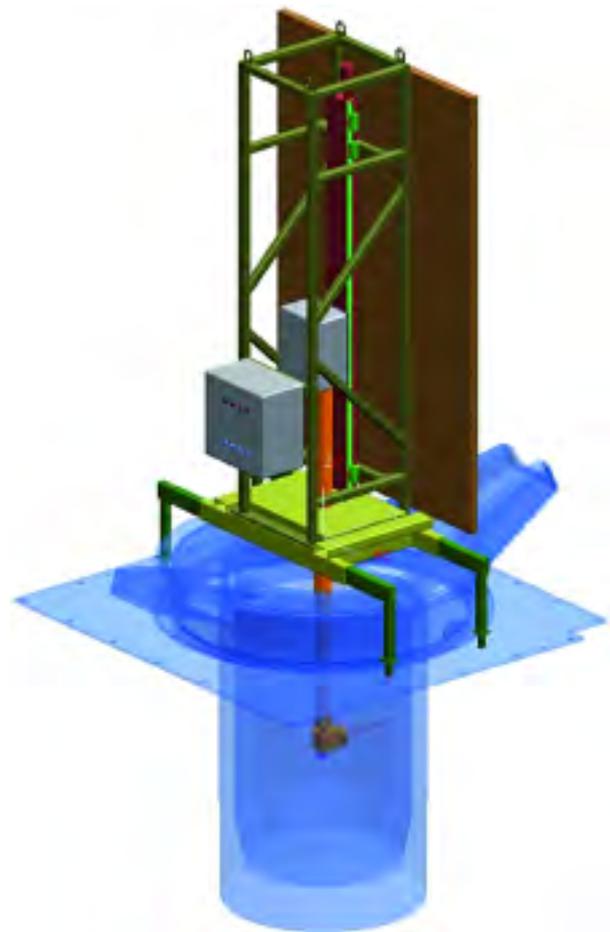


Figura 4.

<sup>4</sup> Giesserei 90 (2003) Nr. 8, p. 52-54.

- Cortes dorsales y cavidades se registran con exactitud.
- Visualización y almacenamiento de datos.
- Documentación del desgaste del crisol y de la vida útil del revestimiento.
- Posibilidad de medición en el crisol en caliente, después de 3 horas de enfriamiento en un horno de 6 t e instalación sencilla y rápida del dispositivo de medición en tan sólo 10 minutos.
- El dispositivo de medición puede emplearse en hornos de dimensiones distintas y también se puede emplear en cucharas.

### Bobina de ahorro de energía

Las instalaciones de media frecuencia modernas se caracterizan por un nivel elevado de eficiencia energética: En la fusión de hierro de fundición el 75% de la energía aportada se transforma en energía útil. En las plantas de cobre este nivel se encuentra en un 60%. La parte principal de la pérdida de energía se debe a la bobina de inducción, ya que las pérdidas de energía en las bobinas en la fusión de hierro ascienden a aproximadamente el 15% y en el caso del cobre ascienden a casi un 30%. Por tanto una reducción notable del consumo de energía sólo se puede conseguir reduciendo las pérdidas de energía en la bobina. Las pérdidas de energía en Ohms de la bobina dependen básicamente del material y de la temperatura de la bobina, además de la densidad energética. Las fuerzas electromagnéticas provocan la concentración de la electricidad en una superficie pequeña de la totalidad de la sección de la bobina y esto provoca una densidad energética elevada con las correspondientes pérdidas.

Tal y como se ha publicado en 2008<sup>5</sup> gracias a un diseño de bobina especial, se ha conseguido aumentar la superficie de guía de electricidad reduciendo así las pérdidas energéticas. En los metales no férricos se ha conseguido una reducción de energía entre el 5 y 9%, mientras que en los metales ferromagnéticos (hierro y acero) el ahorro de energía puede llegar al 4%. En el segundo caso este nivel se debe a que la eficacia del traspaso de energía electromagnética es mejor, también con las bobinas tradicionales. En este sentido es importante resaltar que esta bobina se puede instalar en hornos de crisol existentes, por lo que se puede emplear en proyectos de modernización. Hace ya unos años los hornos de fu-

sión de cobre de la empresa Schwermetall Stollberg fueron equipados con estas nuevas bobinas y desde entonces se encuentran en uso continuo y satisfactorio.<sup>6</sup> Mediante numerosas mediciones se ha podido confirmar un ahorro energético del 9%: los hornos modernizados precisan 40 kWh/t menos para fundir los materiales empleados.

Entretanto este diseño de bobina se ha empleado en otras instalaciones de hornos, tanto para la fusión de hierro como para la fusión de aluminio y cobre. A continuación presentamos un ejemplo concreto de modernización a una bobina de ahorro energético: La modernización de un horno de 7,5 t para la fusión de aluminio con una potencia de 2.600 kW y una frecuencia de 100 Hz ha incluido entre otros la instalación de una bobina de ahorro de energía. A esto se añadía el objetivo de reducir el consumo energético y mejorar el rendimiento de la instalación. Este objetivo también se consiguió: Con la instalación de la nueva bobina se aumentó el rendimiento en un 10% y un consumo energético de 480 kWh/t en base a una temperatura de pinchado de 770 °C. La duración de la carga también se ha podido reducir de 40 a 32 segundos, esto es un 20%.

### Resumen

Sigue habiendo potencial de innovación de la técnica de inducción en los hornos y éste ofrece grandes oportunidades en el presente y futuro de esta tecnología para la optimización de la técnica de instalaciones y procesos, así como la búsqueda de nuevas aplicaciones.

<sup>6</sup> Otto Junker News, Edición 20, marzo 2012

<sup>5</sup> Elektrowärme International (2008), Nr. 01, 2008, S. 19-23.



# Moldeo a terraja de una hélice (Parte I)

Por Enrique Tremps Guerra y José Luis Enríquez.  
Universidad Politécnica de Madrid

## 1. INTRODUCCIÓN

En muchos casos de producción de piezas que tienen forma de cuerpos de revolución, es ventajoso recurrir al procedimiento de terraja para la elaboración de los moldes. Éstos se obtienen mediante tablas-terrajadas perfiladas, girando alrededor de un eje o desplazándose sobre guías; es lo que se denomina genéricamente “moldeo a terraja”. La cavidad del molde se obtiene rascando con esta herramienta la arena de moldeo previamente atacada, o nivelando con ella la mezcla previamente rellena y compactada.

El moldeo a terraja se emplea habitualmente para piezas que tienen la forma de un cuerpo de revolución (bujes, cilindros, tubos, poleas, volantes, etc.), como también para aquéllas cuyos contornos se obtienen por brochado a tracción de la terraja por una guía (terrajadas de brochar o rasquetos). Para el moldeo con ayuda de terrajas no se emplean modelos, cuya fabricación requiere muchas horas de trabajo y considerable gasto de madera. En contrapartida, para la elaboración del molde se consume más tiempo que para el moldeo con modelos y además es una especialidad que sólo está al alcance de moldeadores altamente cualificados. Por esta razón el moldeo con terraja es poco utilizado y sólo se aplica en piezas unitarias o en series muy cortas.

En esta monografía se hace una descripción del método de moldeo a terraja, enunciándose, además, algunas aplicaciones concretas, como son la fabricación de campanas, recipientes grandes o hélices de buques, por citar algunos. Como se ha

dicho anteriormente, suelen ser piezas grandes, unitarias o en series muy cortas. El tamaño de las piezas hace que los modelos sean muy caros; como, por otra parte su precio incide sobre el costo de una sola pieza o grupo pequeño de piezas, la repercusión desfavorable en el coste final de fabricación es inmediata. El moldeo a terraja resuelve este problema de una forma bastante satisfactoria.

Aquí se comenzará tratando el proceso y equipos puestos en juego en el moldeo a terraja, partiendo del estudio de los materiales para modelos. Después se pasará a tratar algunas aplicaciones concretas, terminando con la descripción pormenorizada del proceso de moldeo de una hélice de buque.

## 2. MODELOS

Es sabido lo que significa un modelo en la fundición. Generalizando se puede decir que un modelo es todo objeto o sistema que se utiliza para formar un molde con su misma forma y verter en la cavidad resultante el metal líquido que ha de reproducir la figura pretendida.

### Materiales para modelos

Partiendo de este principio genérico se pueden desglosar los diversos grandes grupos en que se encuadran los materiales para modelos:

- Modelos de madera.
- Modelos de metal.

- Modelos de resina (plástico).
- Modelos de otros materiales.

### La madera

Por ser la madera un material fácil de trabajar, desde la antigüedad se ha utilizado como base para la construcción de modelos y, a pesar de todos los adelantos de la industria, no ha sido sustituida totalmente por los otros materiales. No obstante, a pesar de que la madera se utiliza masivamente en utillaje de fundición, tan sólo se considera su empleo en pequeñas series ya que no es rentable para grandes tiradas. Haciendo abstracción de los modelos para moldeo directo, que son los más utilizados en la práctica de taller, en lo que sigue se tratarán los sistemas de terraja, calibre y rasquete, casi siempre de madera.

Antes de entrar en los modelos como tales, es conveniente esbozar sucintamente qué es la madera y de qué maderas se dispone concretamente en España para la fabricación de modelos.

La madera es una materia orgánica, fibrosa, que se obtiene del tronco y rama de los árboles; por tanto es una materia viva, sujeta a movimientos, contracciones y dilataciones, puntos éstos a tener muy en cuenta para la confección del modelo. Sobre un corte transversal del tronco (Figura 1) se pueden ver las partes que lo componen:

A) Médula o corazón, zona central del árbol. Es de

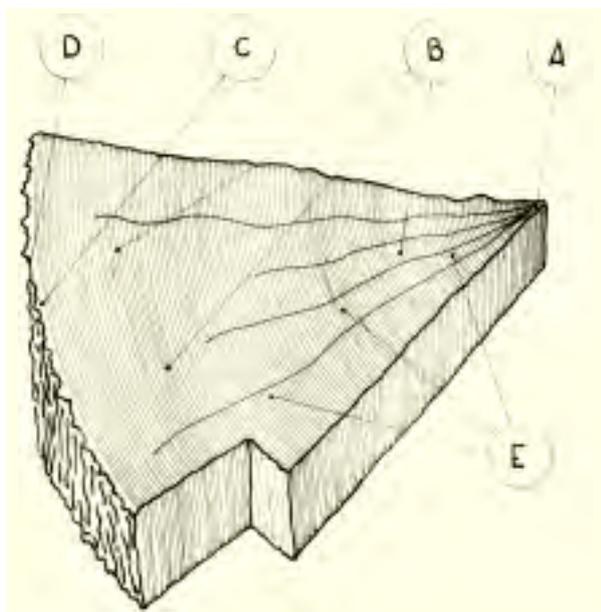


Figura 1. Morfología del corte de la madera.

materia esponjosa, sin cuerpo rígido y carente de fuerza.

B) Duramen, que es la masa utilizable como madera. La componen las diversas capas que en el transcurso del tiempo han ido leñificando.

C) Albura, o capas formadas en los años últimos de vida del árbol. No ha adquirido solidez suficiente y es de consistencia blanda; no utilizable como madera para estos usos.

D) Corteza. Es la cubierta del árbol, que se desprende fácilmente del tronco y no tiene utilidad en el tema objeto de este estudio.

E) Anillos anuales, que son las líneas concéntricas con la médula. Asimismo son las distintas capas que durante cada año de vida del árbol nacen como albura y en ella se mantienen hasta leñificarse y pasar a ser duramen. Estos anillos forman el ve-teado de la madera. El número de anillos anuales es una medida de la vida empleada por el árbol para formar la madera.

La proximidad de unos anillos a otros es una medida de las características de la madera; así pues, el árbol de crecimiento rápido tiene unos anillos muy distantes entre sí, generando una madera blanda. Por el contrario, la presencia de anillos anuales muy próximos entre sí determina la formación de una madera dura.

Habiendo contracción por desecación en todas las direcciones, debe tenerse muy presente que la contracción menor se da en el sentido longitudinal de la fibra, con un valor máximo del 1,5%, seguida por la que se da en el sentido radial de los anillos, con un valor que oscila entre 2 y 6%. La máxima contracción se tiene en el sentido longitudinal del anillo anual, la cual llega hasta el 12%.

En la Figura 2 se pueden observar esquemáticamente las deformaciones sobre una sección ideal transversal y las variaciones reales que se obtendrían. Éstas son más ostensibles en las maderas blandas que en las duras, puesto que al estar más distantes los anillos anuales tienen mayor espacio entre ellos, con poca resistencia que neutralice el movimiento natural.

Con estas ligeras nociones de lo que es la madera, se puede sacar consecuencias sobre las que se deben emplear en la fabricación del modelaje, especialmente en aquellos casos en que es muy importante el factor dimensional. Está claro que hay que

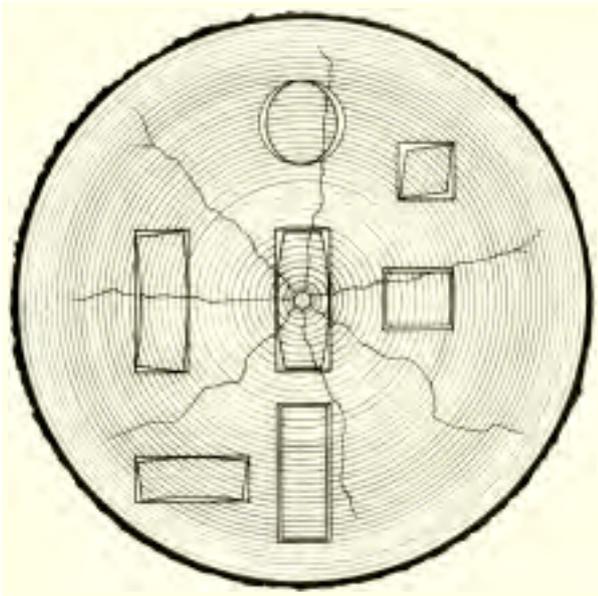


Figura 2. Variación de la madera al secarse.

emplear maderas poco deformables o combinaciones de maderas que neutralicen mutuamente sus deformaciones.

Hoy día es muy práctica la madera contrachapada, una vez desaparecido el problema del descolado de las láminas que la componen; y es que actualmente las colas empleadas en la fabricación son poco alterables por la humedad de la arena de moldeo y la temperatura ambiente. Con el empleo de maderas contrachapadas, que se fabrican en una amplia gama de espesores, se tiene resuelto uno de los principales problemas, ya que estas maderas son inamovibles dimensionalmente y sirven como base magnífica para el montaje del modelo. Tan sólo presentan problemas en sus cantos, pero con un trabajo esmerado y una buena impregnación quedan solventados totalmente.

### El diseño

Capítulo muy importante a pesar de que raras veces se puede intervenir en él; lo que se puede hacer es indicar al proyectista de una pieza o componente de máquina las correcciones que son muy importantes para el fundidor, sin que por ello afecten al funcionamiento de las piezas durante su vida en servicio.

Con ello se consigue que al proyectar cualquier máquina o útil no sólo se tenga en cuenta el aspecto de funcionalidad, resistencia y maquinado (que generalmente es lo que se respeta), sino también el

moldeo y colada. Así, el fundidor se encuentra a diario con piezas de espesores dispares, ventanas, tabiques, etc. Con una reestructuración del diseño se evita el riesgo de grietas y rechupes, un buen número de cajas de machos y piezas sueltas, que sólo conduce a encarecer tanto el modelo en sí como el moldeo, la relación peso neto/peso bruto y el total inútil de carga fría del horno.

### 3. EQUIPOS DE TRABAJO

Este método de moldeo tiene tres variantes que son la terraja, calibre y rasquete. Las tres están en un mismo capítulo, ya que en síntesis son el mismo sistema. Se busca conseguir un modelo en arena de moldeo (casi siempre arena aglutinada o "negra") y con él actuar como si de un modelo directo o convencional se tratase. Naturalmente, las

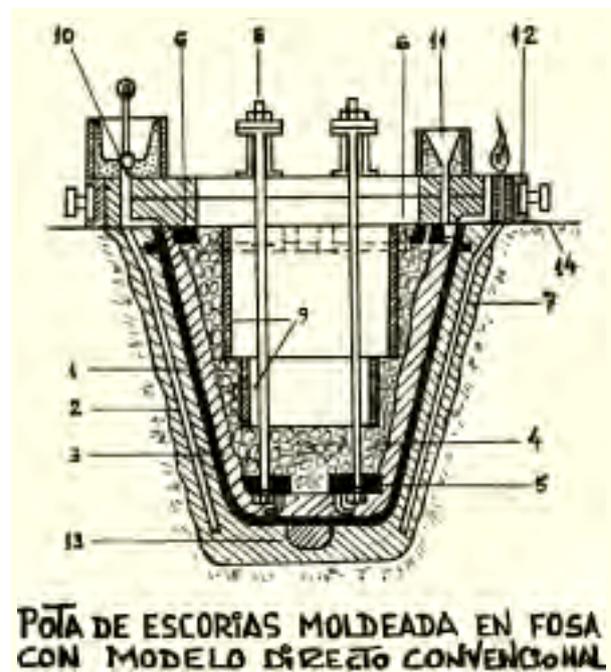


Figura 3. Moldeo en fosa con modelo convencional.

1. Pieza fundida.
2. Respiros.
3. Capa de arena al cemento.
4. Relleno de coque o arena vieja.
5. Macho plano inferior.
6. Macho superior.
7. Tubos de acero.
8. Tornillos de fijación.
9. Virolas de forma.
10. Bebedero.
11. Embudo-alimentador.
12. Caja superior.
13. Macho guía.
14. Piso del taller.

cosas no son tan sencillas como parece, ya que estos procedimientos conllevan una serie de operaciones que ha de realizar el moldeador, y para las que precisa gran habilidad y perfecto dominio de su especialidad. Esto, como resulta lógico esperar, encarece el trabajo.

En la Figura 3 se puede ver el conjunto de molde para obtener una pota de escoria fabricada en arena al cemento con el sistema convencional de moldeo en fosa con modelo ("modelo directo"). En el dibujo los elementos representados son:

En la Figura 4 se tiene el método de fabricación del macho para este tipo de piezas con el sistema, también convencional, de moldeo en caja de machos. Más adelante se verá cómo se fabrica este tipo de piezas con el sistema de moldeo a terraja.

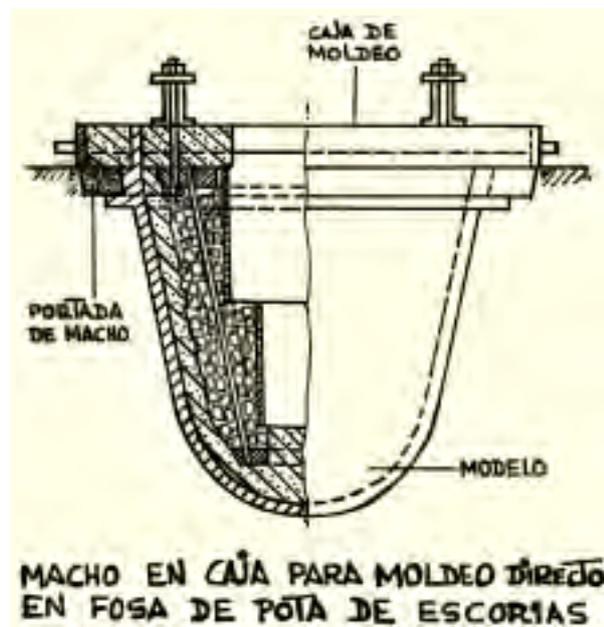


Figura 4. Macho en caja para el molde anterior.

Para aterrajarse necesitan equipos y útiles de moldeo especiales para estos menesteres, que se tratan a continuación.

### 3.1. Equipo para terraja

En síntesis, una terraja es una pieza plana en cuyo giro rasca la arena de moldeo apisonada, dejando un hueco que va a constituir la cavidad de molde correspondiente a la pieza a obtener. Este equipo consta de los siguientes elementos:

### Árbol de terrajado (Figura 5)

Es una barra cilíndrica rectificada, mecanizada con una conicidad en uno de los extremos para su colocación segura y exacta. Las dimensiones de esta barra varían según el tamaño de la pieza a fabricar; su diámetro es normalmente de 30, 40 ó 50 mm, llegando a tener 60 mm o más en algunos casos. Su longitud es función del diámetro; el único condicionante es que el árbol a utilizar no fleje en el trabajo de aterrajado.

Si se procura respetar el diámetro y grado de conicidad para los distintos árboles se consigue unificar el enclavamiento de los mismos, sea cual fuere el diámetro que interese utilizar.

El posicionado del árbol ha de ser totalmente vertical para garantizar la obtención de unas juntas de

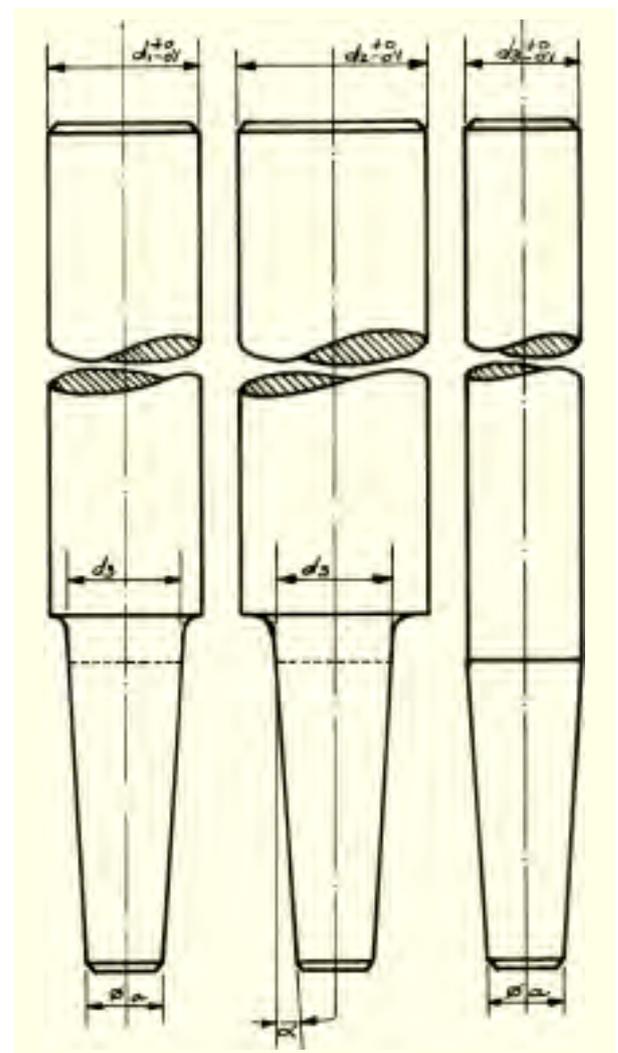


Figura 5. Árboles de terraja.

caja perfectamente horizontales y un cierre hermético perfecto. El conjunto de las piezas que forman el útil de aterrajado queda como se verá en la Figura 9. En ella puede apreciarse la misión de cada una de las piezas y la oportunidad de los consejos indicados en el despiece.

**Rangua (Figura 6)**

También llamada “muñonera”. Es una base, generalmente de fundición, en la que se empotra el árbol y queda colocado verticalmente, listo para el aterrajado. Para ello lleva un alojamiento con la misma conicidad que el extremo inferior del árbol. Algunas ranguas tienen un sistema de rodamientos que facilita el giro del árbol. Esta pieza se sitúa toda ella empotrada y con la entrada del árbol algo más baja que el suelo; normalmente se deja en lugares perfectamente señalizados en posición de trabajo.

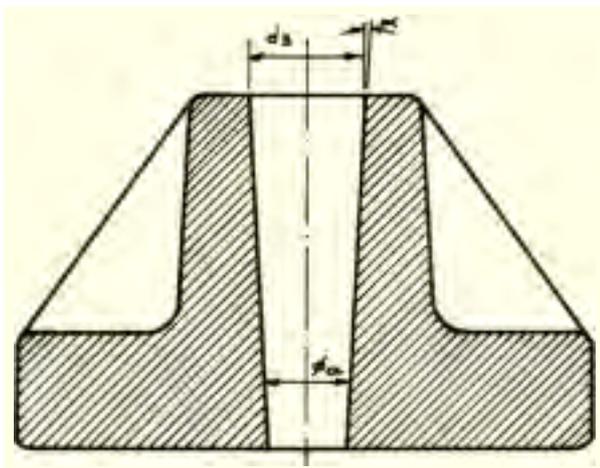


Figura 6. a. Rangua. b. Punto de rangua.

Para posicionarla se incrusta en un agujero en el piso del taller perfectamente asentada. Después se coloca arena de moldeado a su alrededor y se apisona. En algunos talleres la rangua se coloca sobre una pieza de fundición dúctil llamada “punto”, representada en la Figura 7.

**Collarín**

También llamado “anillo”. Es un casquillo de retención cuyo diámetro interior es equivalente al exterior del árbol, con algo de holgura para su fácil situación. Va provisto de un tornillo para su bloqueo por el árbol; es el que ha de servir de referencia fija de altura para el aterrajado (Figura 8). El torni-

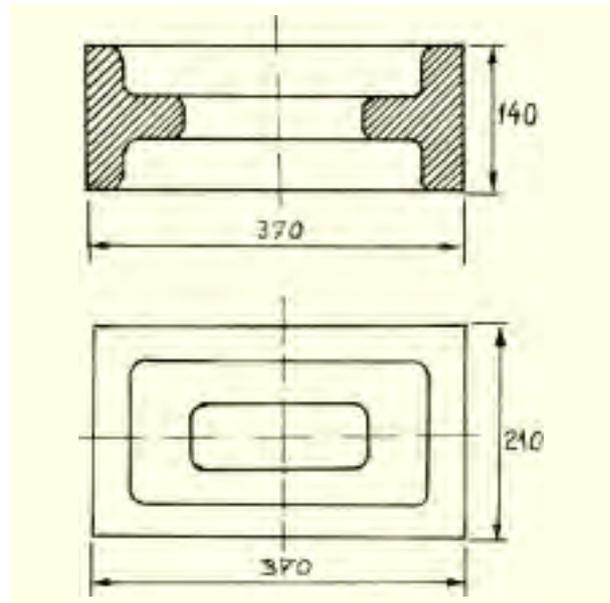


Figura 7. Collarín.

llo prisionero puede ser de bronce todo él o llevar la punta de este material, ya que un tornillo de acero duro fijado repetidamente sobre el árbol pue-

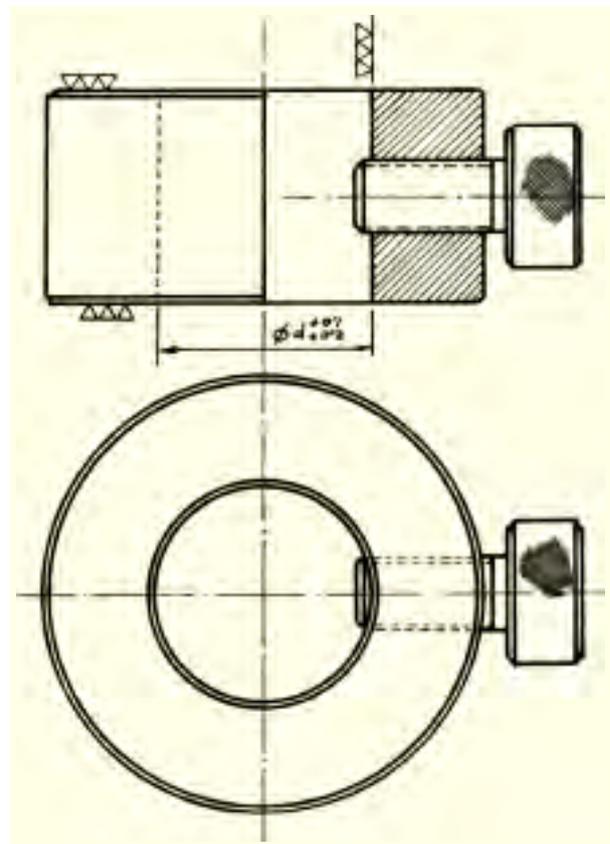


Figura 8. Abanico o bandera.

da dañar a éste. Este anillo fija la altura a la que ha de quedar la terraja durante el trabajo.

### Abanico

También llamado “bandera” o “grillete”. Es el soporte en que ha de montarse la terraja propiamente dicha para hacerla girar sobre el árbol (Figura 9). Tiene su apoyo sobre el collarín, para lo cual ha de ir dotado de un asiento plano. Hay un alojamiento para el árbol y un sistema de amarre, formado por taladros o ranuras, para la sujeción de las terrajas a utilizar. Como puede verse en la figura, el abanico está descentrado para que la terraja sujeta a él gire centrada.

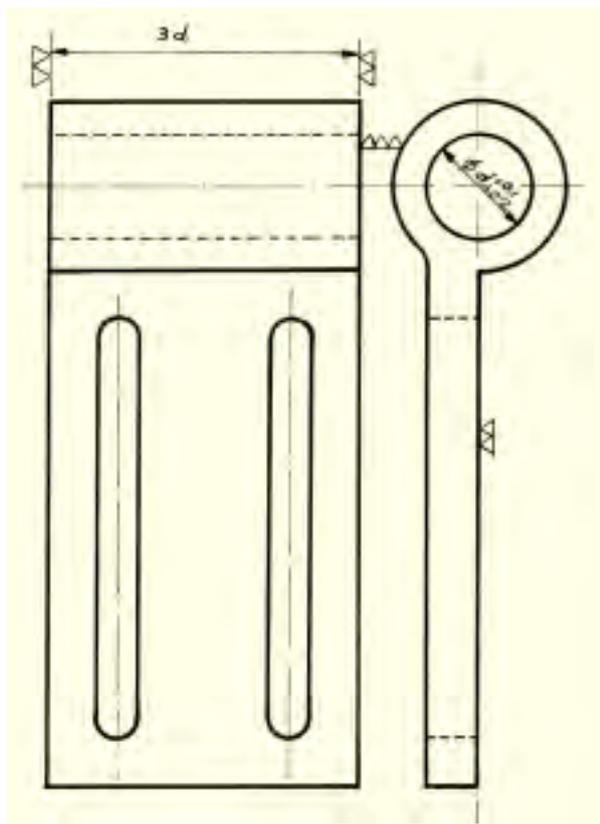


Figura 9. Conjunto de terraja.

### Terraja (figura 10)

También llamada “plantilla”. Es una tabla de madera dura, de 25 a 40 mm de espesor, con el borde perfilado y protegido, en algunos casos, por una delgada chapa de acero para reducir el desgaste. Las partes salientes delicadas que podrían romperse se hacen de chapa fuerte y se atornillan a la terraja. Si el moldeo ha de repetirse varias veces puede ser de

gran utilidad reforzar el bastidor y los bordes de la plantilla con una delgada plancha de acero.

Una vez enunciados los componentes necesarios para aterrajear solamente falta la terraja propiamente dicha. En general, se prepara este sistema para cuerpos de revolución o, al menos, una parte de ellos. Así pues, la terraja constituye el perfil generatriz que, al girar apoyada en el árbol, desarrolla el cuerpo en el espacio. Pues bien, el volumen de la caja o foso se rellena previamente de arena de moldeo que se ataca; al girar, la terraja corta el exceso de arena, quedando una falsa pieza o “modelo” en arena. Viene a ser el equivalente, en moldeo convencional con modelo sólido, a las “falsas” de escayola utilizadas cuando la separación no es plana y no permite, en consecuencia, un modelo partido.

### 3.2. Equipos especiales de aterrajado

Además de este sencillo aparato que acaba de describirse, las fundiciones que han de utilizar a menudo el moldeo a terraja disponen de otros imple-

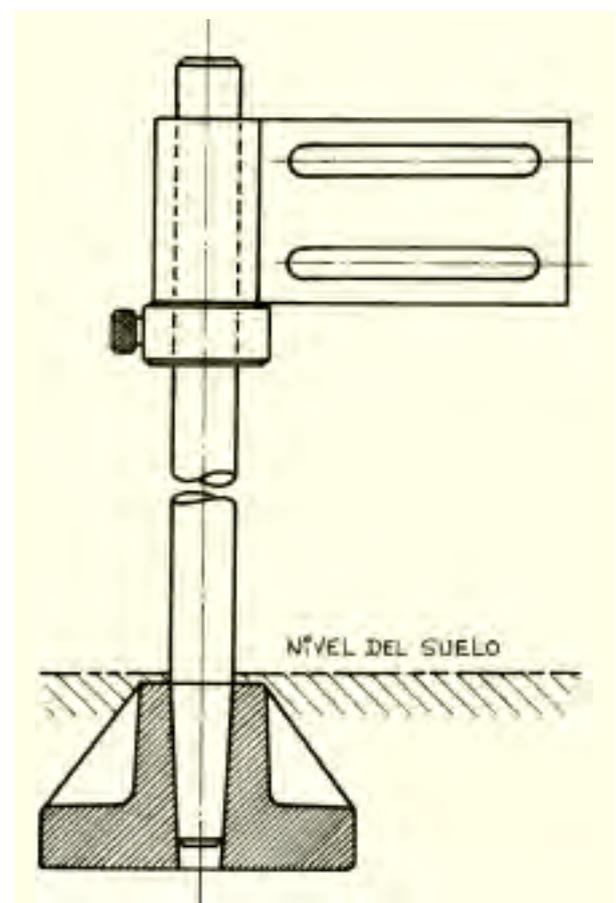


Figura 10. Croquis de la pieza a obtener.

mentos para realizar moldes más complicados. Los principales son:

a) Aterrajado en elipse. Por efecto de la rotación sobre el árbol, va girando un piñón que mediante un tornillo excéntrico, mueve un cursor de la posición del semieje grande a la del semieje pequeño. Cambiando la excentricidad del tornillo se pueden describir elipses de características dimensionales distintas.

b) Aterrajado en espiral. Por medio de una manivela se hace girar la bandera; paralelamente la terraja se aproxima o se aleja del centro una distancia constante en cada vuelta, describiendo, por lo tanto, una espiral.

c) Aterrajado en hélice. Además de circularmente, la bandera puede desplazarse verticalmente sostenida por un contrapeso. La punta de la terraja o de la bandera va siguiendo un perfil helicoidal y lo reproduce en el molde.

d) Terrajas universales. La bandera puede desplazarse vertical u horizontalmente, manteniéndose en contacto, por medio de dos ruedas cursoras, con una leva vertical y una horizontal. Cambiando las levas, se pueden obtener perfiles distintos.

Si se quiere dar mayor solidez a estos aparatos, se les aplican soportes que pueden fijarse en la pared o en el suelo.

### 3.3. Generalidades sobre el moldeo a terraja

Si se trata de obtener una pieza cóncava se procede de la siguiente forma general:

- Se prepara el macho mediante una primera terraja, cuyo perfil reproduce el contorno interno de la pieza. Va ser la parte baja o semimolde inferior.
- Se ataca arena y se aterraja un falso modelo encima del macho, mediante una segunda plantilla de perfil correspondiente al contorno externo de la pieza.
- Para evitar que el falso modelo quede adherido al macho, se interpone entre ambos arena quemada o una hoja de papel fino.
- Se sitúa una caja alrededor del falso modelo, y después de haberlo recubierto con una hoja de papel se ataca arena.
- Se levanta dicha caja; se extrae, o se rompe, el falso modelo. Queda la parte alta o semimolde superior.
- Se completa el molde practicando los canales de colada y respiraderos.

- Se vuelve a colocar este semimolde en su sitio.
- Si es necesario, se procede al secado del molde; los moldes pequeños en estufa aparte y los grandes mediante soplante de aire caliente.

Más adelante se dan ejemplos que ayudan a comprender las notas anteriores. Cuando se moldea “en verde”, los moldes no se secan, motivo por el cual este procedimiento es más rápido y económico que el “seco”.

Este método presenta los siguientes inconvenientes:

- Recrecimiento de la pieza, debido a la presión ejercida por el metal fundido contra las paredes del molde.
- Sopladuras motivadas por falta de permeabilidad.

Hoy día las arenas de fraguado en frío han solventado estos problemas.

## 4. EJEMPLOS PRÁCTICOS DE MOLDEO A TERRAJA

A continuación se van a presentar ejemplos de moldeo a terraja de algunas piezas corrientes.

### 1) Volante de inercia:

Se trata el moldeo de una pieza de geometría sencilla, como puede ser un volante de inercia. En la Figura 11 se tiene el croquis de la pieza a obtener; en él se aprecia el perfil exterior, que es la primera silueta que se ha de tallar en el aterrajado. Ha de tenerse en cuenta que, puesto que la terraja ha de girar a tope de árbol, hay que prever en la altura del árbol de la pieza la correspondiente a la guía. Asimismo, se debe dejar paso para el amarre de la bandera, el paso del collarín y el tornillo de bloqueo, ya que éstos permanecerán solidarios al árbol; al mismo tiempo, dejar libres los taladros o ranuras de anclaje de la terraja a la bandera.

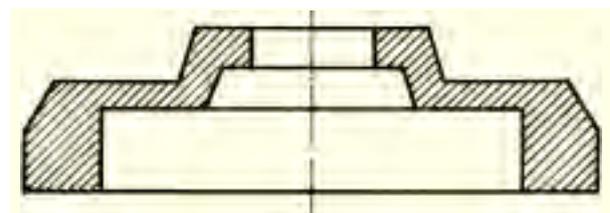


Figura 11. Trazado de plantilla para la pieza anterior.

(Continuará)

# Inventario de Fundición



Por Jordi Tartera

*Siguiendo el camino emprendido en la revista Fundición y después en Fundidores, ofrezco ahora en exclusiva a los lectores de FUNDI PRESS el "Inventario de Fundición" en el cual pretendo reseñar los artículos más interesantes, desde mi punto de vista, que aparecen en las publicaciones internacionales que recibo o a las que tengo acceso.*

## COQUILLA

### Simulación de la deformación de los moldes permanentes en fundición

Chabod, A., Y. Longa, J.M. Dracon, K. Chailler, P. Hairy y A. Da Silva. En francés e inglés. 8 pág.

La concepción de las coquillas se ha beneficiado de la simulación para el diseño de los sistemas de llenado pero hasta ahora no se habían podido validar los resultados de la simulación para resolver los problemas de las deformaciones de las coquillas, debidas a los ciclos térmicos que pueden llegar a ser inaceptables según sean las exigencias de precisión dimensional. Los gradientes térmicos también son responsables de la fatiga térmica que puede acabar inutilizando el molde debido a la fisuración de la superficie. En este trabajo del CTIF francés se ha diseñado una coquilla para aleaciones de aluminio, que se ha utilizado para estudiar mediante sensores de temperatura y desplazamiento, con y sin contacto, para evaluar su comportamiento y limitaciones. Los resultados experimentales son muy similares a los calculados. El enfoque termomecánico permite optimizar el diseño de los moldes permanentes e interpretar las deformaciones en caliente durante la fase de diseño. La toma en cuenta de estas deformaciones permite anticipar las variaciones geométricas y dimensionales que experimentan las piezas para mejorar su precisión. El diseñador puede elegir entre actuar sobre el efecto térmico en el molde, el diseño de la pieza o compensar la deformación, introduciendo una deformación térmica inversa para obtener una pieza dimensionalmente correcta.

Fonderie Magazin Trade International Octubre 2012 nº 28, p. 17-24

## FUNDICIÓN DÚCTIL

### Fundición dúctil templada y revenida en el intervalo austenítico intercrítico

Aristízabal R., R.Foley y A. Druschitz. En inglés. 8 pág.

Mi buen amigo Ricardo Aristízabal en su periplo en la Universidad de Birmingham en Alabama, ha liderado este proyecto en el que se han estudiado los efectos del porcentaje de martensita y las condiciones de revenido sobre la microestructura y propiedades mecánicas de la fundición dúctil. La microdureza de la martensita es función de la temperatura de austenización intercrítica. A medida que ésta aumenta se incrementa la cantidad de martensita, pero disminuye su dureza debido a que disminuye la concentración de carbono en la martensita, lo que significa que la martensita se ha formado con el carbono de la matriz y no de los esferoides de grafito. La microdureza de la ferrita debida a las tensiones residuales disminuye tras el revenido. Las propiedades mecánicas y la dureza son función de la cantidad de martensita y de las condiciones de revenido. A medida que aumenta la cantidad de martensita, la resistencia a la tracción, el límite elástico y la dureza aumentan, mientras que el alargamiento disminuye. El revenido aumenta el alargamiento pero apenas tiene efecto sobre las otras propiedades mecánicas. La fundición dúctil austenitizada en el intervalo intercrítico, templada y revenida presenta una resistencia a la tracción y un límite elástico similares a la fundición dúctil perlítica, pero su alargamiento es tres veces superior. Esto es debido a una microestructura compuesta por esferoides de grafito bien formados, en una matriz ferrítica con partículas de martensita revenida y al endurecimiento por disolución del Mn y el Ni utilizados como elementos de aleación.

International Journal of Metalcasting 6 (2012) nº 4, p. 7-14

# EMPLEO

Directivo con más de 15 años de experiencia en área industrial (producción, ingeniería e I+D+i), tanto en fundiciones de acero como fundición gris y nodular, se ofrece para:

- Proyectos como freelancer.
- Interim management.
- Posiciones vacantes en área industrial, también Europa.

Contactar con [pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es) / Ref. 6



Empresa relacionada con el sector de la **FUNDICIÓN & FORJA**

### Busca:

- Comerciales Autónomos/Sectores Fundición&Forja
- Técnico/Sector Fundición&Forja



### Contactar:

Caspio Trade, S.L. Madrid • [caspioSpain@caspio.es](mailto:caspioSpain@caspio.es) • [teléfono.net](tel:+34915559584)  
Tel.: +00 34 91 555 95 84 • Fax: +00 34 91 556 83 27

## Ingeniero Industrial

con más de 12 años de experiencia técnico-comercial y de gestión de proyectos en construcción, industria y aprovisionamiento a fundiciones. Se ofrece para puestos de Sales Manager, KAM o similar a nivel nacional con disponibilidad internacional.

Contactar con [pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es) / Ref. 7

Traductora técnica y general de los idiomas inglés - español - francés.

Especializada en el sector de la metalurgia y textos de carácter general.

Traducciones profesionales dentro del plazo establecido con tarifas competitivas y máxima confidencialidad.

Tel.: 686 502 132  
e-mail: [theresap1@telefonica.net](mailto:theresap1@telefonica.net)

## COMPRO

Máquinas y materiales de fundición a las ceras o Zamak.  
Toda España

Tels.: 629 373 422 - 914 603 040  
E-mail: [ansape0756@yahoo.es](mailto:ansape0756@yahoo.es)

Secretaria de Dirección con más de 20 años de experiencia en el sector de la fundición, se ofrece para cubrir cualquier puesto vacante, preferentemente en Barcelona y/o alrededores. Nivel alto de alemán y nociones básicas de inglés (First Certificate).

[pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es)  
REF: 5

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

**Fabricamos:**



**MAQUINARIA DE LAVADO Y DESGRASA INDUSTRIAL PARA TODO TIPO DE PIEZAS**



**HORNOS INDUSTRIALES HASTA 1200°C**



**ESTUFAS ESTÁTICAS Y CONTINUAS HASTA 600°C PARA CALENTAR Y SECAR**



**HORNOS PARA COCINAR EN CONTINUO CARNES Y VERDURAS**



**INSTALACIONES PARA EL PINTADO DE PIEZAS DIVERSAS**

**-MAQUINAS PARA TRATAR SUPERFICIES :-** Lavar, - Desengrasar, - Fosfatar...

**-HORNOS Y ESTUFAS PARA :-** Templar, - Secar, - Fundir, - Cocinar ...

**-INSTALACIONES DE PINTURA :-** Lavado, - Fosfatado, - Pintado, - Secado...

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

modelos +  
**Lomu**

MODELOS PARA FUNDICIÓN

Larrogana, 7 - Pab. 1 - 01013 Wicoma-Gasteiz  
Tel. 945 26 15 78 - Fax: 945 25 80 28  
lomua@tec@modeloslomu.com

**S. A. METALOGRAFICA**  
**TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

NUESTROS SERVICIOS	CAPACIDADES MÁXIMAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- TRATADO DE:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- ACIÉRES, SUABES Y HERRAMIENTAS</li> <li>- CEMENTACIÓN Y CARBONIZACIÓN</li> <li>- NORMALIZACIÓN</li> <li>- NITROCARBONIZACIÓN ANTES DE TRATAR</li> <li>- TRATADO DE ALUMINIO ANTES DE COCINAR</li> <li>- TRATADO DE ACERO SERRAJO</li> <li>- HERRAMIENTAS</li> <li>- BREVETADO, RECOCIDO Y NORMALIZADO</li> <li>- QUENCHING, TRATADO DURO</li> <li>- QUENCHING TRATADO ANTES DE COCINAR</li> <li>- NOFERTILIZADO</li> <li>- ANÁLISIS DE MATERIALES</li> <li>- ACEROS INOXIDABLES</li> <li>- TRATADO DE TRATADO DE ALUMINIO</li> <li>- TRATADO DE TRATADO DE ALUMINIO</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TRATADO EN SAGO:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 000 x 200 mm</li> <li>- MÁXIMO 100 KG</li> </ul> </li> <li>- NORMALIZACIÓN Y CARBONIZACIÓN:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 000 x 150 mm</li> </ul> </li> <li>- CEMENTACIÓN, CARBONIZACIÓN, BREVETADO:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 300 x 100 x 30 mm</li> <li>- MÁXIMO 100 KG</li> </ul> </li> <li>- TRATADO EN PRESIÓN:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Máximo hasta 100 kg</li> </ul> </li> </ul>

**CENTRAL**  
Políg. Ind. POLIZUR - Naves 4, 5 y 6  
08290 CERDANYOLA (Barcelona)  
93 580 53 53 FAX 93 580 29 61

**DURPLAN®**  
C/ Juro de 11-11-11, 2  
08400 GRANDLLERS  
93 861 60 77 FAX 93 861 60 78

TRV

**PROSIDER**  
www.prosider.es

**FERRAL - VIQ, S. L.**  
ferralviq@ferralviq.com

**PRODUCTOS PARA LA SIDERURGIA Y FUNDICIÓN**

**PRODUCTS FOR SIDERURGY AND FOUNDRY**

**CLICK2CAST**  
the EASYmulation

Desarrollado por **QUANTECH AT2**  
www.quantech.es

C/ Sant Martí de Cerdà, 3  
Sant Joan Desvern  
08960 - Barcelona  
info@quantech.es  
www.quantech.es

DISPONIBLE JUNIO DE 2012

www.click2cast.com

**ampere**  
system ibérica  
DEPARTAMENTO ABRASIVOS

Granallas de Acero Esféricas y Angulares  
Granallas de Inoxidable Esféricas y Angulares  
Granallas Cut Wire y Shot Peening  
Corindón Blanco y Marrón, Microesfera de Vidrio

Calidad y disponibilidad a precios competitivos.

Tel. 93 4703175 Fax 93 4733880 Email: iberica@ampere.com


**ESPECTRÓMETROS OES PARA ANÁLISIS DE METALES**  
**ANALIZADORES ELEMENTALES C/S/N/O/H**  
**ANALIZADORES PORTÁTILES DE Rx**

**Bruker Española S.A.**  
 Parque Empresarial Elías Turró  
 C/ María Cuatrecasas, 1. Edificio A66 - Planta Baja  
 28021 River Viqueamendi (Madrid)  
 Telf: +34 914 64082 - fax: +34 914 64083  
 e-mail: info@bruker.es  
 www.bruker.es

DESCOBRIR EL SECRETO DE LAS EMPRESAS DE FUNDICIÓN MÁS COMPETITIVAS DEL MUNDO...

# FLOW-3D

Más de 30 años de experiencia en el sector  
 Predicción de defectos de llenado y solidificación  
 Manejo simple e intuitivo, customizable  
 Predicción de generación de gas en maños | UNICO  
 Interfaz FLOW-3D Cast ahora | EN CASTELLANO !

**PIDA HOY UNA DEMOSTRACIÓN EN:** [www.simulacionenproyectos.com](http://www.simulacionenproyectos.com)  
[www.flow3d.com](http://www.flow3d.com)  
 (+34) 91.803.4181


**tecno piro**

**-temple -soldadura -recocido -sinterizado -revenido**

**HORNOS DEL VALLES, S.A.**  
 Mancomunitat, 3 08290 CERDANYOLA DEL VALLES  
 (Barcelona) T/ 93 682 66 12 Fax 93 580 08 27  
[hdv@tecniopro.com](mailto:hdv@tecniopro.com) [tecniopro.com](http://tecniopro.com)

# AMV ALEA™

SOFTWARE PARA FUNDICIONES  
 SELECCIÓN ÓPTIMA DE CARGA PARA CUALQUIER TIPO DE FUNDICIÓN  
 HASTA UN 40% DE AHORRO

DEMO GRATUITA EN [WWW.AMVSOLUCIONES.COM](http://WWW.AMVSOLUCIONES.COM)


 - DESARROLLOS A MEDIDA  
 - CONEXIÓN A BASE DE DATOS DEL CUENTE

# TARNOS

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS VIBRANTES



- Composición
- Desmoldeo
- Carga de hornos
- Recuperación de arena y virutas

C / SIERRA DE GATA, 23 / 28830 SAN FERNANDO DE HENARES / MADRID  
 Tlf. 91 656 92 91 / Fax. 91 676 52 85 / [tarnos@tarnos.com](mailto:tarnos@tarnos.com) / [www.tarnos.com](http://www.tarnos.com)

Su partner para la mejora técnica y económica


**Labecast, S.L.**  
 Parque Empresarial Zústoa  
 Edificio Europa, Planta 5ª, local 2  
 20018 Donostia - San Sebastián  
 Tlf: 943 225 985 - Fax: 943 225 988  
[jgundá@labecast.com](mailto:jgundá@labecast.com)  
[www.labecast.com](http://www.labecast.com)

# METALOGRAFÍA DE LEVANTE S.A.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

**SERVICIO Y CALIDAD**

- Temple en Vacío
- Cementación
- Nitruración, Mipro
- Carbonitruración
- Temple en Atmósfera Controlada
- Temples de muelles, series, etc.
- Estabilizados, normalizados, recocidos
- Deshidrogenados, Recristalización, etc.
- Laboratorio Metalúrgico
- Espectrometría
- Consulting
- Recogidas y entregas de material

Polígono Industrial Regio de A Salud  
 P.O. Box 884, Regio de A Salud, 48100  
 Tel: 943 264 16 - Fax: 943 264 16  
 48100 Regio de A Salud  
 E-mail: [metal@regio.com](mailto:metal@regio.com)

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


**HORNOS ALFERIEFF**

VISITE NUESTRA NUEVA [www.alferieff.com](http://www.alferieff.com)  
 Avda. Reyes Católicos, 2 - 1º B - 28220 Majadahonda (Madrid)  
 Tel: +34 91 639 69 11 - Fax: +34 91 639 48 18 - Email: [hornos@alferieff.com](mailto:hornos@alferieff.com)





Discover  
the  
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 37 41 - [comercio@spectro.es](mailto:comercio@spectro.es)

SPECTRO Hispania, S.L.  
P.A.E. Anasim, Edificio Enxuri - Nave 3  
48950 ERANDIO (Aizoa) - Vizcaya

[www.spectro.com](http://www.spectro.com)



We advance your casting



Aproveche toda la experiencia  
del conocimiento en  
fundición global

ASK Chemicals España S.A.U.  
Muelle Tomás de Olabarrí N.4-3º  
48930 Las Arenas (Vizcaya)  
Tel. +34 94 490 4846  
Fax +34 94 464 8861  
[www.ask-chemicals.com](http://www.ask-chemicals.com)



## TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

- Granalladoras de turbina
- Equipos de chorreado
- Lavadoras y túneles de lavado



### ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.

Tel. 93 246 10 00 - 93 246 16 01  
E-mail: [info@aymsa.com](mailto:info@aymsa.com)  
[www.aymsa.com](http://www.aymsa.com)



C/ Arboleda, 14 - Local 114  
28031 MADRID  
Tel. : 91 332 52 95  
Fax : 91 332 81 46  
e-mail : [acemsa@terra.es](mailto:acemsa@terra.es)

*Centro Metalográfico de Materiales*

### 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.



Tratamientos Térmicos  
de Aceros Aleados  
y  
Consulting Técnico - Metalúrgico

Polígono Industrias ARTIA  
48291 - ATXONDO - Bizkaia  
TEL.: 94 621 55 90  
Fax: 94 630 33 70

[administracion@industriasteoy.com](mailto:administracion@industriasteoy.com)



- GRANALLADORAS
- INSTALACIONES DE CHORREADO MANUAL Y AUTOMÁTICO.
- LINEAS DE GRANALLADO Y PINTADO.
- FILTROS DE ASPIRACIÓN
- PIEZAS Y CALDERERIA ANTIDESGASTE.
- ESMERILADORAS PENDULARES.

### SOMOS FABRICANTES CON INGENIERIA PROPIA.



Talleres ALJU, S.L.  
Cda. San Vicente, 17-48510 VALLE DE TRÁMAGA-ETZAKO-ESPAÑA  
Tel.: +34 944 820 331 Fax: +34 944 921 212  
e-mail: [alju@alju.es](mailto:alju@alju.es) [www.alju.es](http://www.alju.es)

## EURO-EQUIP

INGENIERÍA Y EQUIPOS PARA FUNDICIÓN

Desde la máquina más simple,  
hasta la más compleja instalación llave en mano.

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA ESPAÑA DE:



o/ Ramón y Cajal, 2 Bto - 4º Dpto. 8 - 48014 BILBAO (SPAIN)  
Tel. (34) 944 761 241 - Fax: (34) 944 761 247 - E-mail: [euroequip@euroequip.es](mailto:euroequip@euroequip.es)  
[www.euroequip.es](http://www.euroequip.es)



Ingeniería Térmica Bilbao s.l.  
Ingeniería y Productos para  
Hornos y Procesos Térmicos

PL. Barrio de la Torre y Ab  
E-48150 SONDOKA (Vizcaya)  
Tel.: 94 451 50 75  
Fax: 94 451 51 45  
[info@interbil.es](mailto:info@interbil.es)

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

[www.interbil.es](http://www.interbil.es)



# 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



## DEGUISA, S.A.

Polígono Industrial Saratxo s/n  
 01470 AMURRIO - ALAVA  
 deguisa@deguisa.com  
 www.deguisa.com



### Innovación Constante, Voluntad de Servicio

REFRACTARIOS:	COMBUSTIÓN:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Refractarios para cucharas de tratamiento, trasvase y colado.</li> <li>Tapones de soplado y agitación.</li> <li>Productos conformados para aplicaciones especiales.</li> <li>Equipos de válvula corredora para colado de arena.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingeniería de equipos de combustión y sistemas de control.</li> <li>Asistencia técnica, supervisión y mantenimiento de instalaciones.</li> <li>Componentes de procesos térmicos industriales.</li> </ul>

# RÖSLER

finding a better way ...

Wickes International GmbH & Co. KG  
 Götz-Dollan-Str. 7 06151 Rühl (Barcelona)  
 www.roesler.de

Tel.: 00 49 35 55 65 65 roesler@roesler.de  
 Fax: 00 49 35 55 32 99  
 Tel Cel: 00 49 7 83 28 0300000@roesler.de

- VIBRACIÓN
- GRANALLADORAS Y CONDREADORAS
- LÍNEAS DE GRANALLADO Y PINTADO
- RECAMBIOS Y PIEZAS DE REPUESTO
- LAVADORAS INDUSTRIALES
- INGENIERÍA MEDIOAMBIENTAL

www.roesler.es

**INSTALACIONES PARA TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE**



Se buscan representantes para España, Portugal y América Latina

## NEWFORM

Newform Mica productos: Combi G y Foil PGM

Materiales Newform Mica de revestimiento de bobina de hornos de inducción.

Alta calidad de deslizamiento del plano para un manejo rápido

Newform: David S. Gower

info: www.newform.de • E-mail: david@newform.de • Tel.: +49 (0) 61 55-60521 0



## MODELOS VIAL, S.L.

UTILAJE PARA FUNDICIÓN  
 FOUNDRY PATTERNS AND TOOLINGS

**MODELOS Y UTILAJES DE PRECISION POR CAD-CAM**  
**MODELOS EN:**  
 Madera, metal, plástico y poliestireno, coquillas de gravedad, coquillas para cajas de machos calientes, placas para cáscara.

Larragona, 15 - 01013 Vitoria/Gasteiz Alava (Spain)  
 Tel.: 945 25 57 88 (3 líneas) - Fax: 945 28 96 32  
 e-mail: modelosvial@modelosvial.com  
 e-mail Departamento técnico: tecnica@modelosvial.com

## BERG S.L.

Pól. Ind. Curi Carrer C/ Terra, 57  
 08211 Castell del Villos (Barcelona)  
 Telf. 937 473 636 - Fax 937 473 628

**Artículos para inyectado:**

- Granulos lubricantes para pistón
- Desmoldeantes
- Pistones de acero de larga duración
- Evacuadores de aire para moldes (Chill Vent)

**Artículos para fundición:**

- Cazos, potes, escoriadores, ingoteras, tenazas
- Evacuadores de aire para coquillas
- Aditivos de arena
- Arena preparada Petrobond
- Reparación de piezas e impregnación (Dichtol)
- Recuperadora de aluminio de las escorias

www.bergsl.com

CATÁLOGO



BERG S.L.

Nuestro catálogo digital  
<http://www.bergsl.com>

We measure it. **testo**

testo 350

Instrumentos y sondas de medición portátiles y electrónicos, fabricados conforme el estándar ISO 9001, para los siguientes parámetros:

• Temperatura	• Medidor calidad aceite de cocina
• Humedad	• Emisiones
• Velocidad	• Calidad del interior (CO <sub>2</sub> )
• Presión	• Análisis de agua
• Análisis de los productos de la combustión	• Luz/sonido
	• rpm

Instrumentos testo S.A. - Zona Industrial o.B n°2 - 08048 Colibrí Barcelona  
 Tel. 93 753 85 25 - Fax: 93 753 95 26 - www.testo.es - info@testo.es

### Espectrómetros OES para Análisis de Metales

ARL QuantoDesk, ARL Quantiris, ARL 3460 y ARL 4460

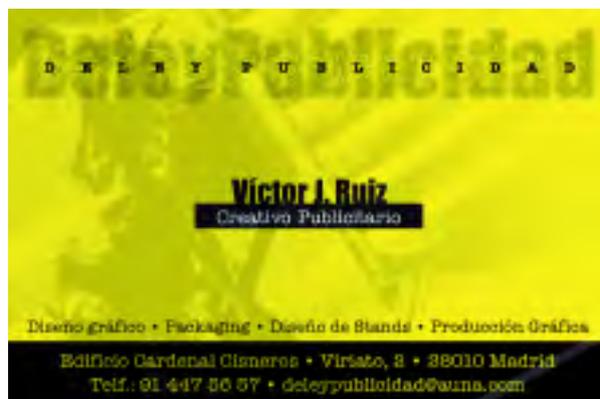


www.thermal.com

Thermo SCIENTIFIC

## INDICE de ANUNCIANTES

ABRASIVOS Y MAQUINARIA .....	62	INYTIALGO .....	19
ACEMSA .....	62	KIND & CO. ....	7
ALEALSA .....	15	LABECAST .....	60
ALJU .....	5	LENARD .....	61
AMPERE .....	59	LIBROS DE TRATAMIENTO TÉRMICO ....	29
AMV AEA .....	15	M. IGLESIAS .....	3
ASK CHEMICALS .....	Contraportada 2	METALFLOW .....	17
BARALDI .....	23	METALMADRID .....	9
BAUTERMIC .....	59	METALGRÁFICA DE LEVANTE .....	60
BERG .....	62	MODELOS LOMU .....	59
BRUKER .....	60	MODELOS VIAL .....	62
CASPIO TRADE .....	58	NEW FORM .....	62
DEGUISA .....	62	POMETON .....	62
ESI GROUP .....	13	PRECIMETER .....	17
EURO EQUIP .....	PORTADA	QUANTECH ATZ .....	59
FERRAL VIQ .....	59	REVISTAS TÉCNICAS .....	Contraportada 3
FERROFORMA .....	25	RÖSLER .....	62
FUNDIGEX .....	Contraportada 4	S.A. METALGRÁFICA .....	59
GENERAL KINEMATICS .....	3	SCHUNK INTEC .....	21
GRANALLATECNIC .....	61	SENSOR CONTROL .....	61
HORNOS ALFERIEFF .....	60	SIMULACIONES Y PROYECTOS .....	23
HORNOS DEL VALLÉS .....	60	SINAVAL .....	25
IMF DIECASTING .....	61	SPECTRO .....	62
INDUSTRIAL ALONSO .....	61	TARNOS .....	60
INSERTEC .....	61	TEY .....	62
INSTRUMENTOS TESTO .....	11	THERMO FISHER .....	62
INTERBIL .....	62	WHEELABRATOR .....	61



## Próximo número

### FEBRERO

Nº Especial HORNOS. Gases especiales. Atmósferas. Quemadores. Robots. Emisiones a la atmósfera. Residuos sólidos. Filtros. Reguladores de temperatura. Cañas pirométricas. Crisoles. Soldadura. Medio Ambiente. Granallado. Granallas. Shot Peening. Tratamiento de superficies. Refractarios.