



**FOSECO**

*Comprometidos con la Fundición y con el Medio Ambiente*



**FOSECO**

FUNDI PRESS

SEPTIEMBRE 2009 • Nº 17

SEPTIEMBRE 2009 • Nº 17

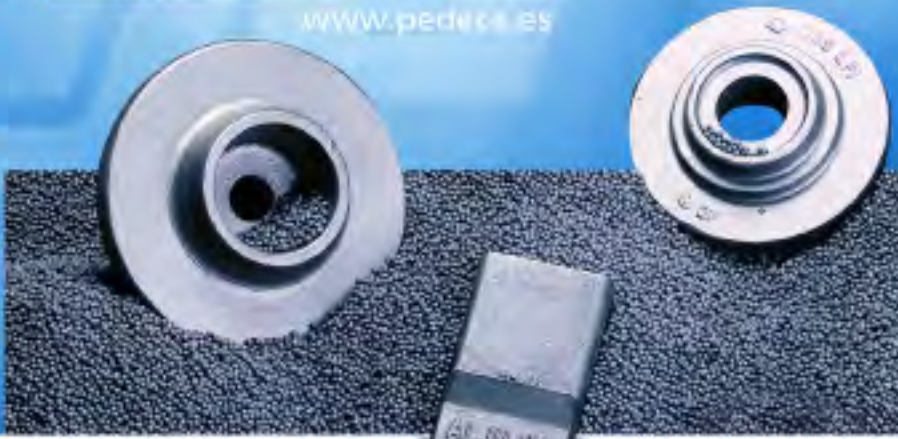
# FUNDI

Revista de la Fundición

www.pedecol.es

*Press*

## Granalladoras Ventilación Industrial



**La solución  
para el  
tratamiento  
de superficies**



**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 - Web: www.alju.es

# ASHLAND

CASTING SOLUTIONS



Pep Set®



Magnaset®



Mini-Mazarotas



Compromiso de Progreso



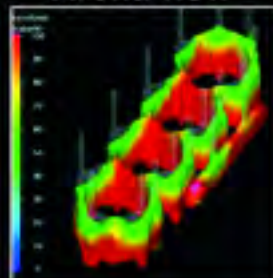
Isocycle®



Bajo Humo



Arena-flow



Isocure Focus™



Filtros



# 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

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

www.pedeca.es

SOLUCIONES INDUSTRIALES PERSONALIZADAS

IBERIA ASHLAND  
CHEMICAL, S. A.  
CASTING SOLUTIONS  
Muelle Tomás Olabarrí, 4-3º  
48930 Las Arenas-Getxo  
(Vizcaya) España

Tel: 94 480 46 46  
Fax: 94 464 88 61  
e-mail: iac@ashland.com



Talleres ALJU, S.L. fundada en 1959 lleva 50 años trabajando como fabricante de maquinaria y bienes de equipo.

FABRICAMOS:

- Máquinas granalladoras de tambor, plato, gancho, polipasto.
- Máquinas granalladoras especiales para chapas, perfiles, tubos, productos laminados, etc.
- Cabinas de granallado de chorro libre.
- Instalaciones de aspiración y depuración de humos.
- Ventiladores centrífugos y helicoidales.
- Filtro de mangas y depuradores (vía seca y húmeda).
- Hornos cubilote y equipos para fundición.
- Cubas neumáticas para limpieza por inmersión en líquidos.
- Construcciones metálicas en general.
- Esmeriladoras pendulares.

APLICACIONES INDUSTRIALES:

- Fundición de hierro, acero, bronce, aluminio, cobre, latón, etc.
- Forjas y estampaciones.
- Tratamientos térmicos.
- Construcciones metálicas.
- Productos laminados.
- Tratamientos de muelles y resortes.
- Tratamiento de acabado de muelas.
- Procesos previos de pintura y acabado.
- Recuperación de materiales.

ALJU pone a su servicio sus departamentos técnicos, para resolver cualquier problema de aplicación o utilización de sus fabricados.

Talleres ALJU, S.L.

Ctra. San Vicente, 17 - 48510 Valle de Trápaga - Vizcaya  
Tel.: +34 944 920 111 - Fax: +34 944 921 212  
alju@alju.es - www.alju.es

## Sumario • SEPTIEMBRE 2009 - Nº 17

Editorial 2

Noticias 4

Nuevo ZFV Multi-inspección... • ABGAM abre su segunda oficina en Madrid • Siemens PLM Software se traslada a Cornellà • Jornada sobre Limpieza Industrial • Medición y detección de gases ATEX • Herramientas de grano cerámico CO y CO-COOL • Inocheck de SERT.

### Información

- Boletín Técnico F.E.A.F. (Parte I) 8
- TECNALIA colabora con el sector de Fundición para reducir la emisión de dioxinas 14
- Desmoldeadora tipo TRE con accionamiento electrónico - Por Carlos Cadarso 16
- Granalladoras ALJU: La solución para el tratamiento de superficies 20
- "Carl Loper Cast Iron Symposium" un homenaje a un viejo maestro - Por Jordi Tartera 23
- Control del contenido de carbono a lo largo del proceso de fabricación de discos de freno de alto carbono - Por U. Muruzábal, C. Nava, C. Ruiz, I. Asenjo, P. Larrañaga, R. Suárez 31
- Mis micrografías - Por Robert Voigt 37
- Inventario de Fundición - Por Jordi Tartera 38
- Proveedores de la Fundición 39

Guía de compras 52

Índice de Anunciantes 56

**Director:** Antonio Pérez de Camino

**Publicidad:** Ana Tocino

**Administración:** Carolina Abuin

**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 • pedeca@pedeca.es

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

Diseño y Maquetación: José González Otero

Creatividad: Víctor J. Ruiz

Impresión: VILLENA

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



D. Ignacio Sáenz de Gorbea



D. Manuel Gómez

## Editorial

### SEGUIMOS ADELANTE

No tan optimistas como oímos en los medios de comunicación, pero sí paso a paso como oímos en el sector. De momento seguimos adelante y cada vez con más fuerza y ganas ¡que no falten!

Somos la única revista española de Fundición que estará presente en estos eventos: **FUNDIEXPO** en México y en el **Fórum Técnico de Fundición** organizado por Tabira en Bilbao. Distribuiremos gratuitamente ejemplares de este número de septiembre a los asistentes a dichos eventos.

También y con mucho esfuerzo, hemos logrado reunir un listado muy completo con 250 compañías proveedoras de la fundición. Agradecemos a todos su colaboración para que haya sido posible y sepan disculpar nuestra insistencia en algunos casos. Como pueden comprobar ha merecido la pena.

El próximo número de octubre es el “plato fuerte” del año, estaremos en el **“6º Congreso de la Fundición Ibérica”** en Oporto. Organizado por la Asociación de Fundidores de Portugal (AFD) y la Federación Española de Asociaciones de Fundidores (FEAF) bajo el título “Innovación y Mercados”, que nos han depositado su confianza. No es por ser reiterativos, pero somos de nuevo la única revista nacional de fundición elegida como revista oficial del evento.

Reserve su publicidad en [pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es) o en el Tel. 917 817 776.

Nos veremos en estos eventos.

*Antonio Pérez de Camino*

# Expertos en vibración



- Tecnología y fabricación alemanas.
- Desde el desmoldeo hasta el transporte de arena o piezas.
- Las más importantes fundiciones europeas cuentan ya con esta tecnología (Daimler, Componenta...)

**CYRUS**  
more than  
vibración

Agente exclusivo para España:

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

**EURO-EQUIP**

INGENIERÍA Y EQUIPOS PARA FUNDICIÓN

c/ Ramón y Cajal, 2 Bis - 4º Dpto. 9 - 48014 BILBAO (SPAIN) • Tel.: (34) 944 761 244 • Fax: (34) 944 761 247 • E-mail: euroequip@euroequip.es

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

## NUEVO ZFV Multi-inspección...

Ya no hay pretextos para garantizar fáciles controles de calidad gracias a los sensores de visión artificial ZFV de Omron.

La serie ZFV Color incorpora ahora modelos con la función multi-inspección mediante la cual, y realizando un cambio automático de banco, se pueden realizar hasta 8 inspecciones diferentes con un mismo disparo.

Por lo demás, el nuevo ZFV Color multi-inspección ofrece también las formidables prestaciones de sus predecesores:

- Utilización de hasta 4 tipos de cámara diferentes con un campo de visión máximo (FVO) de 150 mm. Todas ellas con luz blanca y, opcionalmente, iluminación externa adicional.
- Interfaz de usuario inteligente formado por un monitor LCD en color de 1,8" y botones para la configuración de parámetros a través de un sencillo menú de iconos.
- Lectura en tiempo real de resultados e imágenes.
- Rápido ajuste de las condiciones de trabajo e iluminación mediante sencillos pasos de configuración y un único toque sobre el botón de teach ("Pulsar y listo").

Gracias a este potente y funcional sensor de inspección y visión artificial, los controles de calidad industriales son más sencillos y accesibles.

Info 1

## ABGAM abre su segunda oficina en Madrid

Coincidiendo con el comienzo del periodo estival la ingeniería filial del grupo internacional Segula Technologies optó por continuar con su proceso de crecimiento y expansión estableciéndose en una segunda oficina en la comunidad de Madrid.

El lugar elegido ha sido el Parque Empresarial de San Fernando de Henares, donde, desde primeros de julio, ocupa una oficina de más de 400m<sup>2</sup> en la planta baja del edificio Japón. Sin duda, un lugar privilegiado desde el que acceder a los más importantes clientes tecnológicos del sector aeroespacial y jugar un papel clave en el desarrollo de esta industria en crecimiento.

Oscar Arias, como nuevo director del polo Aeronáutico de la ingeniería, asume la responsabilidad de comandar la nave en un momento en el que las turbulencias en el sector aconsejan, o bien tomar tierra y refugiarse de la tormenta, o volar aún más alto y capear hábilmente el temporal.

Así pues, desde su nuevo emplazamiento junto al aeropuerto de Barajas, ABGAM afronta esta nueva etapa ocupando una posición muy favorable en primera línea, desde la que acometer proyectos de relevancia internacional y ser el partner de



confianza en el que los clientes puedan delegar tareas ingenieriles de diseño, utillaje y cálculo, entre otras.

Info 2

## Siemens PLM Software se traslada a Cornellà

Siemens PLM Software trasladó su sede central de Barcelona a las oficinas de Siemens en Cornellà de Llobregat.

Con el objetivo de incrementar las sinergias entre las distintas divisiones y concentrar todos los recursos en una única ubicación, todos los departamentos que estaban en el Passeig de Gràcia, 56 se ubicarán en la 5ª planta del edificio de Lluís Muntadas número 5 de Cornellà. Paralelamente, Siemens PLM Software se beneficiará del Centro de Proceso de Datos de Siemens el Sur de Europa que garantiza la seguridad de los datos y la cobertura informática necesaria.

Siemens dispone de diversas ubicaciones con edificios propios en todo el territorio español, y el Centro de Cornellà es uno de los



**We've got our hands full redefining elemental analysis!**



¿Busca un proveedor global que resuelva sus necesidades analíticas elementales?

Bruker Elemental le ofrece ahora un amplio rango de productos para el análisis de metales!!!

### Analizadores Elementales CS/NOH

- Analizadores CS por combustión y detección por IR en sólidos
- Analizadores ONH por fusión en gas inerte (helio)
- Analizadores de H difusible, extracción en caliente e H en soldaduras según norma ENISO 3690 y AWS A4.3



### Espectrómetros de Emisión OES

- De sobremesa con detectores CCD's
- Estacionarios con detectores canales Fotomultiplicadores GPM Channeltron
- Sistemas automáticos integrados con preparativa previa



### Analizadores portátiles de metales mediante XRF y detector de tecnología SSD.

- Identificación positiva
- Identificación de aleaciones
- Análisis in situ

**S1 TURBO<sup>SD</sup>**

más emblemáticos y entrañables para la corporación, dado que la fábrica de esta localidad es uno de los baluartes en España.

Info 3

## Jornada sobre Limpieza Industrial

Dow Chemical y su filial SAFE-CHEM, especializada en el desarrollo de usos seguros e innovadores para disolventes, celebran una Mesa Redonda bajo el título "Soluciones Sostenibles en la Limpieza Industrial" en Barcelona el martes, 6 de octubre de 2009, en el Hotel Hilton Barcelona.

Cuentan con representantes de diversas empresas de distribución de productos químicos, de gestores de residuos con capacidad de recuperación de disolventes, de fabricantes de equipos de desengrase, de asociaciones sectoriales así como de las Comunidades Autónomas, tanto de la parte riesgos laborales como de Medio Ambiente.

El objetivo de la Jornada es entablar un debate entre las distintas partes involucradas en los procesos de desengrase, y conocer y compartir experiencias y opiniones para intentar encontrar puntos de encuentro comunes. Estas posiciones de consenso pueden permitir promover iniciativas conjuntas tendentes a una mejora sostenible en el ámbito de la Limpieza Industrial.

Se debatirán los siguientes puntos:

- Situación actual del mercado de la limpieza con disolventes.
- Soluciones para el futuro con una adecuada gestión del riesgo: disolventes clorados, alco-

holes modificados y modelos de negocio innovadores.

- Tecnologías disponibles: máquinas y disolventes.
- Compromiso de futuro con los disolventes clorados: gestión del riesgo, REACH, compromiso voluntario de la industria relativo al Tricloroetileno, ...

Info 4

## Medición y detección de gases ATEX

Iberfluid Instruments pone a disposición de sus clientes la nueva serie iGAS100, la cual ha sido diseñada como una solución precisa y efectiva para la medición y detección de gases. El equipo incorpora diferentes tecnologías en el elemento sensor, para poder así cubrir un amplio rango de aplicaciones. La unidad electrónica basada en microprocesador provee una señal de salida estable tanto analógica (4-20 mA) como digital así como relés de alarma.

El dispositivo dispone de certificación ATEX (II 2 GD EEx d IIC T6 Ex tD A21 IP68 T85 °C) y un alto rating de protección de su carcasa (IP68). De reducidas dimensiones: 110 mm. de diámetro y 127 mm. de altura (faltaría añadir el detector específico), dispone de display opcional para la visualización de la variable seleccionada.

Para instalaciones que requieran una cantidad elevada de sensores, la comunicación digital del iGAS100 se puede integrar al controla-



dor iGAS700 formando un sistema de altas prestaciones sin la necesidad de utilizar barreras de seguridad y pudiendo precablear los sensores antes de su instalación.

El sensor que incorpora el equipo utiliza diferentes tecnologías en función de los gases a detectar. Las "Fuel Cell" son utilizadas habitualmente para la detección y medición de compuestos inorgánicos tales como oxígeno (O<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>), cloruro de hidrógeno (HCl) y otros (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CL<sub>2</sub>, etc). Otras tecnologías disponibles para el mismo equipo son los pellistor, infrarrojos o inflamables.

El controlador iGAS700 permite la conexión de hasta 16 sensores mediante señal analógica de entrada (4-20 mA) y hasta 64 mediante comunicación digital. Junto con la interface MODBUS, el equipo dispone de salidas de relé configurables como alarmas visuales y acústicas.

Info 5

## Herramientas de grano cerámico CO y CO-COOL

PFERD le ofrece las herramientas de alto rendimiento con grano cerámico "CO" y "CO-COOL". El agresivo poder de arranque del grano cerámico hace que sean unas herramientas muy adecuadas para el trabajo de aceros de alta aleación, inoxidable, titanio, aleaciones de níquel y además para superficies extremadamente duras.

Las herramientas PFERD disponibles en grano cerámico -discos de lija, mini-discos de lijas y láminas lijadoras POLIFAN®- son especialmente adecuadas



para el lijado intensivo en los sectores del molde y matriz, aeronáutica y calderería.



#### Ventajas

- Herramientas con mayor capacidad de desbaste y refrigerado por el efecto "autoafilado" de los granos cerámicos. Los granos al contactar con el material a trabajar rompen sus filos de corte continuamente descubriendo nuevos cantos más afilados y con menor carga térmica.
- Mayor capacidad de desbaste y duración, ya que el grano cerámico se emboza menos y los componentes activos del soporte mejoran el arranque del material. Con el grano cerámico se consigue aproximadamente un aumento de rendimiento de un 60% con respecto al grano normal (según test internos).
- Reducción del tiempo de trabajo y mejora del acabado, lo que permite disminuir procesos de trabajo y costes, aumentando así la rentabilidad.
- Desbaste especialmente refrigerado sobre malos conductores de calor garantizando resultados óptimos sin dañar el material.

Info 6

## Inocheck de SERT

Los fundidores, así como sus clientes, exigen tener la seguridad que todas las piezas defectuosas se detectan a través de sus controles de calidad. La inoculación en chorro es una operación delicada dentro del proceso de colada. Asimismo, se puede generar una cantidad importante de piezas rechazadas por falta de inoculación antes de detectar la misma. Por lo tanto, el fundidor no se puede permitir cualquier duda al respecto. Existe un sistema innovador que ofrece una ayuda en ese sentido: el INOCHECK de SERT verifica si la inoculación en el chorro se produce de manera correcta para cada molde colado.

En cuanto se detecta una falta de inoculante en el chorro, se genera inmediatamente una alarma (inoculante ausente o mal alineado, caudal de inoculante demasiado bajo o tiempo de inoculación demasiado bajo). Esta alarma se puede utilizar igualmente para generar una parada de línea de moldeo. Asimismo, el sistema almacena todas las imágenes reco-



jidas en cada molde para su visualización en tiempo real o posteriormente. Durante el proceso de producción es posible visualizar las imágenes correspondientes a un molde defectuoso para que el operador pueda percibir la causa del defecto y decidir una acción correctiva inmediata. Todas las bases de datos generadas se pueden revisar posteriormente así como todos los resultados estadísticos ofrecidos por el software suministrado.

Actualmente, las fundiciones de FAGOR y BETSAIDE en España, así como SCHULZ en Brasil, están aprovechando los beneficios en serenidad, calidad y trazabilidad que aporta el INOCHECK.

Info 7



## Próximo número Fundi Press

Número Especial

## CONGRESO DE LA FUNDICIÓN IBÉRICA (Oporto)

Reserve su publicidad en:

[pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es) o al tel.: 917 817 776

# Boletín Técnico F.E.A.F.

## Noticias publicadas en el Boletín Técnico de la FEAF - Federación Española de Asociaciones de Fundidores del mes de junio 2009 (Parte I)

### PROYECTO E-DECOM

#### Segunda Reunión Transnacional en Cluj-Napoca, Rumania



Los días 6 y 7 de Abril tuvo lugar en Cluj-Napoca el segundo encuentro transnacional del Proyecto E-DECOM cuyo objetivo es el desarrollo de contenidos innovadores en E-learning, que sirvan de apoyo a la impartición de formación en el entorno de las empresas del Sector Fundidor.

Liderado por la Asociación de Fundidores del País Vasco y Navarra, el proyecto está financiado por la Comisión Europea en el marco de Transferencia de Innovación del Programa Leonardo da Vinci para la Formación Profesional, desarrollándose a lo largo de los años 2008-2010 y con la participación de siete entidades en representación de España, Grecia, Lituania y Rumania.

El resultado del proyecto será un Sistema de aprendizaje Electrónico para desarrollar las capacidades y competencias clave en el Sector de Fundición, transfiriendo la Metodología DIPROCU para diagnosticar las necesidades de formación en las empresas.

Esta segunda reunión transnacional se centró en la



presentación y discusión del trabajo realizado hasta la fecha:

- Selección de las principales tendencias de cambio que afectan y afectarán al Sector Fundidor en los próximos años.
- Mapa de los principales procesos de fundición.

Próximo Encuentro Transnacional: 5 y 6 Noviembre de 2009 en Atenas.

### CAEF COUNCIL MEETING 2009

Los días 8 y 9 de Junio de 2009 ha tenido lugar la reunión anual del CAEF COUNCIL con la participación de 22 personas de 14 países (Austria, República Checa, Finlandia, Alemania, Hungría, Italia, Noruega, Polonia, Portugal, Eslovenia, Suecia, Turquía, Reino Unido y España). España ha estado representada por 1 miembro de la FEAF.



# 6º Congreso de la Fundición Ibérica

OPORTO, 25 AL 27 DE NOVIEMBRE DE 2008

La Asociación Portuguesa de Fundición (APF) y la Federación Española de Asociaciones de Fundidores (FEAF) van a organizar el **6º CONGRESO DE LA FUNDICIÓN IBÉRICA**, bajo el título "INNOVACIÓN Y MERCADOS", que tendrá lugar en la Fundación Cupertino de Miranda en Oporto (Portugal), los días 25, 26 y 27 de Noviembre de 2009.

Este 6º Congreso cuenta con la colaboración de las asociaciones portuguesa y española, así como con el patrocinio de entidades y suministradores de la industria de fundición de ambos países.



En su programa técnico constarán Paneles, Mesa Redonda y presentación de comunicaciones, abordando varios sub-temas relacionados con el tema central del Congreso, sin olvidar las principales preocupaciones del sector de cara a la situación nacional y mundial y los desafíos a los que se enfrenta. Manteniendo la tradición, van a realizarse también visitas técnicas a fundiciones férreas y no férreas.

Simultáneamente funcionará una exposición permanente de productos, equipamientos y servicios, a cargo de suministradores de la industria de fundición.

## 25 DE NOVIEMBRE

09.00 a 10.00 SESIÓN DE APERTURA

10.00 a 11.30 PONENCIAS TÉCNICAS

11.30 a 11.45 Café

11.45 a 13.15 PANEL DE RECURSOS HUMANOS

13.15 a 14.30 Almuerzo

14.30 a 16.00 PANEL DE ENERGÍA

16.00 a 16.15 Café

16.15 a 18.15 MESA REDONDA: MERCADOS

20.00 Cena de Gala

## 26 DE NOVIEMBRE

09.00 a 10.30 PONENCIAS

10.30 a 10.45 Café

10.45 a 13.00 PONENCIAS TÉCNICAS

13.00 a 14.30 Almuerzo

14.30 a 16.00 PANEL DE I+D / INNOVACIÓN

16.00 a 16.15 Café

16.15 a 18.00 PANEL DE MEDIO AMBIENTE

18.00 a 19.00 Clausura

## 27 DE NOVIEMBRE

09.00 a 17.00 VISITAS TÉCNICAS

1. SCHMIDT LIGHT METAL / CINFU

2. SAKTHI PORTUGAL / FUNFRAP

3. FERESPE / FUNDIÇÃO ALTO DA LIXA

Más información: Tel. 944 700 707

### COMMISSIONS AND MANAGING DIRECTORS MEETING, 8 DE JUNIO 2009

El 8 de Junio se celebró la reunión de "Managing Directors" del CAEF dirigida por su Secretario General, D. Max Schumacher, en la que se trataron los avances de las principales actuaciones que están abordando las diferentes Comisiones y Grupos de Trabajo del CAEF. Una de las Comisiones destacadas es la Comisión Nº 2 de Medioambiente en la que se analiza y estudia laafección que las principales disposiciones legislativas a nivel europeo tienen en el Sector, tales como el REACH, Revisión de la IPPC, Directiva de Comercio de Emisiones y Acuerdo Europeo para la Sílice Cristalina, entre otras.

Se debatió también la posibilidad de crear un Grupo de Trabajo ad-hoc para el análisis del concepto de condición de "FIN DE RESIDUO" para la CHATAARRA DE HIERRO. Este hecho está relacionado con la aprobación en Noviembre de 2008 de la Directiva Marco de Residuos que permite que "algunos residuos dejen de serlo", cuando hayan sido sometidos a una operación de valorización y cumplan una serie de criterios específicos que se elaboran.

Destacar que la Comisión Nº 4 está llevando a cabo un estudio sobre términos de Contrato y Subcontratas en las fundiciones (repercusión de costes en cancelación y retraso en pedidos, etc.) en conformidad con las legislaciones nacionales europeas.

Por otra parte, hacer mención a que la Comisión Nº 5 "Business Administration" ha elaborado un Informe anual sobre la evolución de los costes laborales, incluidos los gastos no salariales, en los países miembros del CAEF.

### COUNCIL CAEF MEETING, 9 DE JUNIO 2009

La reunión estuvo presidida por el Secretario General del CAEF, D. Max Schumacher y el Presidente de la Asociación de Fundidores Austriaca, D. Peter Maiwald, actual Presidente del CAEF.

Se trataron cuestiones sobre la situación económica general en Europa (expectativas de mercado de venta de automóvil, ...),afección de la crisis en los diferentes países por subsectores y sectores clientes, medidas de los Gobiernos nacionales contra la crisis, etc.

Otro tema a destacar fue la organización del futuro "INTERNACIONAL FOUNDRY FORUM" que se celebra cada 2 años, y que tendrá lugar precisamente en España, concretamente en Barcelona, el 9-10 de Septiembre. Otras cuestiones que se trataron fueron la participación de no-miembros del CAEF en Grupos y Comisiones del mismo, resumen de Informes de Comisiones y Grupos de Trabajo, etc.

Se discutieron además cuestiones relativas a organización y contenido de futuras reuniones del "CAEF Council" y del "CAEF Managing Directors", las cuales se celebrarán el próximo año en Polonia, país que asume la presidencia del CAEF en 2010. Cabe reseñar que desde 2009 la Presidencia del CAEF es rotativa y cada año un País miembro del CAEF, nominado por éste, asume sus funciones. En esta reunión tuvo lugar un pequeño acto honorífico de sustitución de Presidencia de Austria a Polonia. El CAEF también comunicó que en 2011 el país que desempeñará la Presidencia del CAEF será la República Checa y en 2012, el turno le tocará a Reino Unido.

### Actividades de Normalización del CTN-78

#### REVISIÓN DE LA NORMA DE FUNDICIÓN DE GRAFITO ESFEROIDAL

Con fecha 7 de Mayo, la FEAF puso a disposición de las empresas asociadas el último borrador de la norma EN 1563 Founding-Spheroidal Graphite Cast Irons, actualmente en revisión.

Este borrador es el último de que se dispone tras la reunión del grupo de trabajo europeo responsable de la revisión de la norma, CEN/TC190/WG7, celebrada el pasado 12 de marzo en París.

Desde Marzo de 2008 la FEAF ha ido informando periódicamente a sus asociados de los diferentes estados de revisión de la norma EN 1563, dando así la posibilidad a las fundiciones de aportar sus comentarios a los diferentes borradores de la misma.

La norma europea (EN) conlleva la obligación, de adoptarse a nivel nacional, otorgándole la categoría de norma nacional, e implica la retirada de las normas nacionales que sean divergentes".

Por lo que la actual norma española UNE-EN 1563:1998, se modificará o anulará en función de



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

**DISEÑANDO Y FABRICANDO HORNOS Y ESTUFAS INDUSTRIALES DESDE 1945**

*confíe la consecución de su proyecto con nosotros.*



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

Bajo Coste de  
Propiedad

**Sus Necesidades  
Nuestra Solución**

## Analizador de Metal SPECTROMAXx

¿Luchando contra elevados costes operativos?  
¡El SPECTROMAXx puede ayudarle! Con el más bajo consumo de argón, prácticamente ningún consumible y muy pocas exigencias de mantenimiento, el SPECTROMAXx ofrece una mayor capacidad de proceso de muestras y los costes más bajos del mercado.



Beneficiarse de las ventajas del líder del mercado;  
Hable con nosotros y averigüe por qué los analizadores de metal de SPECTRO son una inversión en mejor productividad y mayor rentabilidad

Tel. +34 94 471 04 01  
Fax +34 94 471 17 41  
[comercial@spectro.es](mailto:comercial@spectro.es)  
[www.spectro.com](http://www.spectro.com)



**AMETEK**  
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

las observaciones recibidas a la norma europea por parte de los Países Miembros.

Estos trabajos se enmarcan en las Actividades de Normalización que la FEAF está desarrollando desde el año 1998 como Secretaría Técnica del Comité de Normalización de Aenor, AEN/CTN 78, participando en la evaluación y revisión de normas y proyectos de los principales Organismos Europeos e Internacionales de Normalización de Fundición (CEN e ISO).

Por otra parte, el Comité Europeo de Normalización (CEN) está procediendo a la revisión de una serie de normas europeas de fundición considerando la regulación interna de CEN/GENELEC por la que existe la OBLIGACIÓN DE REVISAR LAS NORMAS EUROPEAS EN PERIODOS QUE NO SUPEREN LOS CINCO AÑOS:

**EN 12890:2000**

Founding — Patterns, pattern equipment and core-boxes for the production of sand moulds and sand cores.

**EN 12883:2000**

Founding — Equipment for the production of lost patterns for the lost wax casting process.

**EN 12892:2000**

Founding — Equipment for the production of lost patterns for the lost foam casting process.

**EN 12454:1998**

Founding — Visual examination of surface discontinuities — Steel sand castings.

**EN 1371-2:1998**

Founding — Liquid penetrant inspection — Part 2: Investment castings.

**EN 1011-8:2004**

Welding — Recommendations for welding of metallic materials. Part 8: Welding of cast irons.

El CTN-78 está llevando a cabo un análisis de estas normas. Tras el consenso de los Países Miembros se tomará la decisión sobre su aceptación como norma europea durante un periodo de cinco años más, o bien, se votará a favor de su revisión. En caso de revisión los países miembros aportarán los comentarios que estimen oportunos, ya sean de naturaleza editorial, o técnica o sobre divergencias nacionales de tipo técnico o legislativo.

## COMITÉ DE CERTIFICACIÓN DE AENOR CTC-033 DE TAPAS Y REGISTROS DE FUNDICIÓN

El Comité Técnico de Certificación CTC-033 “Dispositivos de Cubrimiento y Cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos” quedó oficialmente constituido en marzo de 2005.

En el año 2004, con objeto de promover la calidad y seguridad para evitar accidentes que en ocasiones tuvieran trágicas consecuencias, se creó un Sistema particular de Certificación directamente gestionado por Aenor.

Finalmente, debido a la importancia de involucrar a todas las partes interesadas en las tapas de registro (administraciones, usuarios, laboratorios, fabricantes y sus asociaciones, etc.), se decidió proponer la creación de este CTC.

Entre los años 2004-2007, se estima que la instalación de estos dispositivos estaba afectada, directa e indirectamente, en un 60% como mínimo por productos inseguros que progresivamente venían comprometiendo la supervivencia de fabricantes responsables.

Sin embargo, como consecuencia de las acciones llevadas a cabo en el propio CTC y gracias al entendimiento técnico de los miembros del CTC en defender unos principios de calidad, seguridad y rigor, se han conseguido importantes hitos contra los productos inseguros en nuestros mercados.

Algunos de estos hitos contra los productos inseguros son los siguientes:

- Suspensión temporal del uso de la marca N: Por uso abusivo de la marca - malas prácticas de mercado.
- Retirada definitiva del uso de la marca N por graves defectos de calidad y seguridad y por decisión unánime (usuarios, laboratorios, administración,..) con el consecuente descrédito y pérdida de imagen.
- Respaldo de la Comisión Europea con la aplicación de práctica antidumping, lo que ha significado un arancel a sus productos superior al 40% REGLAMENTO (CE) Nº 500/2009 DEL CONSEJO de 11 de junio de 2009 que modifica el Reglamento (CE) nº 1212/2005 por el que se establece un derecho antidumping definitivo



sobre las importaciones de determinadas piezas moldeadas originarias de la República Popular China.

Actualmente son 4 las empresas fundidoras europeas que han apostado en este sentido: SG-PAM Canalización, Funosa, Norinco y Fundiciones y Proyectos Fernández, las cuales están en posesión de la marca EN 124 de AENOR para tapas y registros de fundición.

En la actualidad, si contemplamos hoy el panorama, tenemos que admitir que es totalmente distinto. En los dos últimos años, las acciones emprendidas en el seno del CTC33, han supuesto un freno paulatino a esa avalancha de productos de mala calidad que existía.

El mercado de productos seguros y de calidad se expande. Los usuarios son conscientes de esta necesidad y valoran muy positivamente la labor emprendida, los productos y las empresas comprometidas con la defensa de esos principios.

La FEAF ha diseñado e impartido el pasado 29 de mayo una jornada formativa dirigida a los auditores de certificación de tapas y registros de AENOR.

Esta iniciativa promovida por los fabricantes de tapas y registros de fundición, tenía el objeto de dotar a los auditores, de una base tecnológica en fundición, que les ayude en la interpretación de algunos requisitos de la norma EN 124 relacionados con los materiales de fundición.

La jornada ha sido valorada muy positivamente por los asistentes a la misma.

**26** BIENAL ESPAÑOLA  
DE MÁQUINA-HERRAMIENTA

Del 31 Mayo  
al 5 Junio **2010**

**BIEMH**

**¿Momentos  
difíciles?**

**BIEMH - 2010**  
La mejor herramienta  
para superarlos

**¡Utilízala!**

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

**¡¡Inscríbete ya!!**

Infórmate: **944 040 091**  
**biemh@bec.eu**

Co-organizan:

**AFM**

Asociación Española  
de Fabricantes  
de Máquinas-herramienta

**BIEMH**  
BILBAO  
EXHIBITION  
CENTRE

EXPO

## TECNALIA colabora con el sector de Fundición para reducir la emisión de dioxinas

**E**l proyecto DIOFUR nació en julio de 2006 en el seno del 6º Programa Marco europeo, ante la necesidad del sector de la fundición de adelantarse proactivamente, de forma razonada y racional al problema de las dioxinas que se generan en los diferentes y más usuales medios fusores en fundición de metales férreos. Finalizó el pasado julio.

Este proyecto, nacido desde el sector europeo de la fundición y dirigido al mismo, permitirá tras este plazo de 3 años establecer el protocolo más adecuado de medida-caracterización-minimización en función de las mejores técnicas disponibles, así como compartir información. Los resultados se han obtenido a partir del análisis del contenido en dioxinas atrapado dentro de las partículas de polvo emitidas y de la captura de la parte contenida en los gases mediante técnicas de adsorción-desorción.

El papel de TECNALIA en el proyecto ha sido de suma importancia, ya que ha ejercido como líder y, además, responsable directo de los trabajos sobre los hornos rotativos. El proyecto DIOFUR ha contado con un volumen de 2,8 millones de euros y en él participan un total de 13 empresas de seis países diferentes de la Unión Europea, incluidos cuatro Centros Tecnológicos (VITO-Bélgica, CTIF-Francia, PFRI-Polonia e INASMET-Tecnalia-España), tres Asociaciones de Fundidores a escala estatal (OIG-Polonia, BDG-Alemania y FEAF-España), así como una serie de compañías participantes entre las que se encuentran seis fundiciones, de las cuales tres

son españolas (Fundiciones Infiesta, Fumbarri y Guivisa), dos francesas (SEA y FIDAY Gestión) y una polaca (POMET), y un fabricante italiano de hornos (Sider-Progetti).

Se da la circunstancia favorable de que la Federación Europea de Asociaciones de Fundidores (CAEF) está directamente informada y apoya el proyecto, ya que coincide que su Secretario General es el representante de la asociación alemana BDG, lo que confiere al proyecto una gran representatividad del sector a escala europea.

Desde su creación hace ocho años, TECNALIA dirige su actividad de investigación e innovación a aportar valor que se refleje en los resultados empresariales o en el bienestar de la sociedad.

En la actualidad, TECNALIA está formada por los Centros Tecnológicos Azti, Cidemco, European Software Institute (ESI), Fatronik, Inasmet, Labein, Neiker y Robotiker. Además, EUVE se encuentra en proceso de integración en la Corporación.

Con una plantilla actual de 1.508 personas, durante el pasado año obtuvo 128 millones de euros de ingresos, de los que el 54% procedieron de proyectos privados bajo contrato. En este último año ha trabajado con 3.800 clientes y ha solicitado 25 patentes. Ha participado en 8 proyectos ETORGAI con 24 empresas y en 38 proyectos CENIT, el 62% de los aprobados, con 94 empresas. Asimismo, ha tomado parte en 78 proyectos del VII Programa Marco, liderando 11 de ellos.





MAQUINAS DE LAVADO Y DESGRASADO INDUSTRIAL PARA TODO TIPO DE PIEZAS

HORNOS INDUSTRIALES HASTA 1300°C

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

**Fabricamos:**

- HORNOS Y ESTUFAS PARA :  
- Templar, - Secar, - Fundir ...
- INSTALACIONES DE PINTURA :  
- Lavado, - Fosfatado, - Pintado ...
- MÁQUINAS PARA TRATAR SUPERFICIES :  
- Lavar, - Desengrasar, - Fosfatar, - Secar ...



INSTALACIONES PARA EL PINTADO DE PIEZAS DIVERSAS

**Bautermic SA**

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

UTILLAJE DE FUNDICIÓN

**EKIMEN,S.L.**

INGENIERÍA Y DISEÑO

EMPRESA DEDICADA AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MODELOS Y CAJAS DE MACHOS PARA GRANDES SERIES, ASÍ COMO COQUILLAS DE GRAVEDAD PARA FUNDIR ALUMINIO.

UTILLAJE DE FUNDICION EKIMEN,S.L.  
Portal de Zurbano Nº9  
Apartado 111  
Tlf. 945 27 29 00  
Fax. 945 28 68 22  
Email: ekimen@teleline.es  
01013 VITORIA-GASTEIZ

**SUBASTA ONLINE**

Por próximo cierre de la planta VALEO SISTEMAS DE SEGURIDAD Y CIERRE, S.A. en Olesa de Montserrat (Barcelona)

## Subasta Online

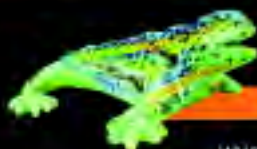
Maquinaria para Fundición de Zamak,  
Mecanizado, Montaje y Matricería

Todas las máquinas están en funcionamiento hasta Octubre de 2009 y han tenido un excelente mantenimiento.

La subasta comienza: 13 de Octubre 2009 · Finaliza: 29 Octubre 2009 a las 15:00  
Inspección de la maquinaria: Con cita previa

### Algunos de los activos a la venta:

Máquinas de fundición cámara caliente para ZINC FRECH DAW-20, FRECH DAW-40 y recambios;  
Granalladora ALJU ALJUBAN 199, Equipos de laboratorio, Centro de mecanizado EMCO CONCEPT MILL 105. Electroerosión hilo AGIE KOPF 20 y KOPF 10, Refrigeradores CLIMAVENETA HRAN/HT 0604, Climatizadores KOOLCLIMA NB 5, Grúa de brazo y Transpalets BOLZONI.



**FERBOSSA**  
INDUSTRIACTIVA

www.ferbossa-industriactiva.com

### Información y ventas:

FERBOSSA INDUSTRIACTIVA

### Contacto:

Elia Alés

Tel. 687 954 905

email: elia.ales@ferbossa-industriactiva.com

# Desmoldeadora tipo TRE con accionamiento electrónico

Por Carlos Cadarso, Director División Hornos. EURO-EQUIP

## Introducción

Tradicionalmente las desmoldeadoras se han diseñado y suministrado con una vibración de desmoldeo fija, es decir, un ángulo de ataque a las piezas fijo. Esto se realiza con un motor y con el diseño del reductor que mueve los dos excitadores, de tal manera, que el desfase de los dos excitadores se consigue de manera mecánica. La variación del ángulo de ataque, o lo que es lo mismo desfase entre excitadores, sólo puede hacerse mediante modificación mecánica.



La nueva desmoldeadora con accionamiento electrónico, TRE, recientemente desarrollada por Cyrus, le permitirá optimizar la separación de piezas y arena después de la línea de moldeo.

Se ha prestado especial atención en la máxima flexibilidad para la separación de piezas / arena, así como en el transporte suave y cuidadoso de las piezas.

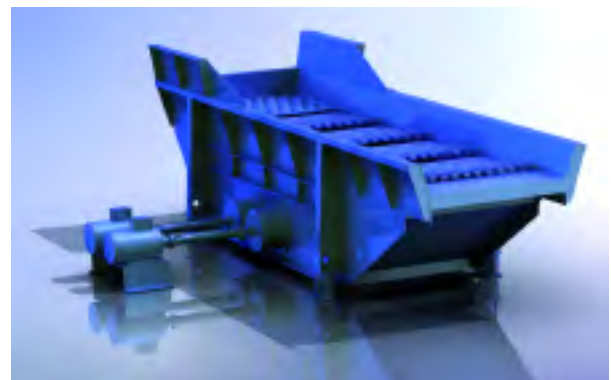
Esto se logra adaptando a cualquier valor el ángulo de oscilación y la velocidad de giro para cada producto. Los datos generados desde la línea de moldeo

(familia de piezas 1-8) son utilizados para llamar a los parámetros del programa de recetas, almacenados en la memoria del accionamiento electrónico. De esta manera cada pieza tiene sus parámetros de trabajo. Otra aplicación es en el moldeo automático de baja producción, donde se puede establecer por cada pieza y dentro de su ciclo, una fase de desarenado primero y otra de transporte después.

Con esto obtendrá la máxima productividad en su línea. Además, al no tener reductor, el coste de mantenimiento es menor, y la disponibilidad de máquina es mayor.

## Principio de funcionamiento

Los dos vibradores de Cyrus están accionados por dos motores estándares trifásicos, de 6 polos/ 1.000 rpm, con regulación de frecuencia. Gracias al control especial (accionamiento electrónico TRE) las revoluciones, así como al desfase entre los dos moto-





# focus on foundry

Foundeq, the international exhibition on plants, equipment and products for foundries, is by now a fixed appointment for all operators in the sector: a unique opportunity to get together and do business.



**AREA FONDERIA GETTI**  
**CASTING FOUNDRIES**

Novelty: as of the 2010 edition a special "CASTING FOUNDRIES AREA" will be set up at Foundeq dedicated to applications.

EXTRUSION - DIECASTING - FOUNDRY - ROLLING - FINISHING - MACHINING - WELDING - RECYCLING



## metef-foundeq 14-17 April 2010

Garda Exhibition Centre Montichiari Brescia Italy  
no. 1 metal expo in the world



INTERNATIONAL  
ALUMINIUM EXHIBITION  
8<sup>th</sup> EDITION



INTERNATIONAL FOUNDRY  
EQUIPMENT EXHIBITION  
5<sup>th</sup> EDITION

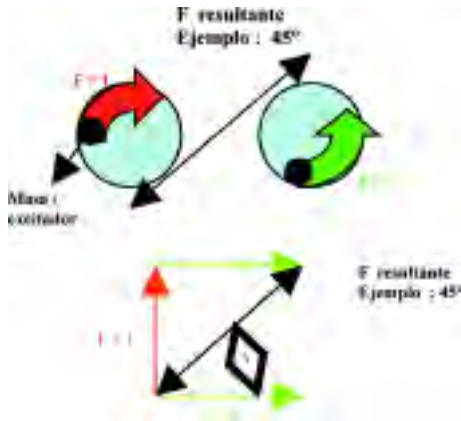
Organizing Secretariat: EDIMET SPA,  
via Brescia 117 25018 Montichiari (BS) Italy  
Ph. +39 030 9981045 Fax +39 030 9981055  
info@metef.com

Supporters: AIB - AIFM - AIM - AITAL - AMAFOND  
ASSOFOND - ASSOMET - CCIAA BS - CEMAFON  
CIAL - EAA - ESTAL - FACE - FEDERFINITURA  
IIS - OEA - QUALITAL - UNCSAAL

UBI  Banco di Brescia

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

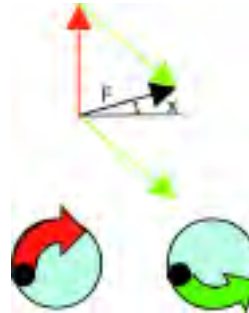
res, pueden ser ajustados de tal manera, que el ángulo de ataque y la fuerza aplicada pueden ser regulados invariable, e individualmente.



Visite nuestra nueva Web  
[www.pedca.es](http://www.pedca.es)

## Aplicaciones y ejemplos

### Transporte suave para piezas de paredes delgadas:



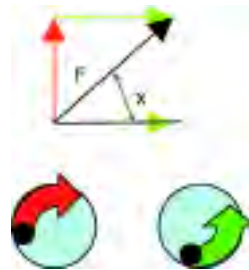
Baja aceleración vertical (carga reducida en las piezas).

Alta aceleración horizontal (alta velocidad de transporte).

F = Fuerza resultante de ataque  
x = 10 - 20° Ángulo de ataque

La fuerza de ataque, en este caso, coincide con la velocidad de avance. Esta velocidad puede variarse manteniendo este ángulo de ataque.

### Piezas Standard:



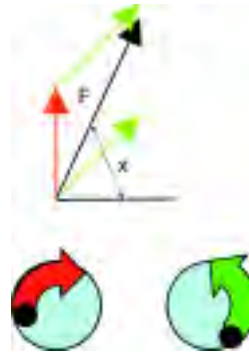
Aceleración vertical uniforme (Separación uniforme piezas/arena).

Aceleración horizontal uniforme (Separación uniforme piezas/arena).

F = Fuerza resultante de ataque  
x = 35 - 50° Ángulo de ataque

La velocidad de transporte y la capacidad de desarenar son reguladas de manera independiente.

### Transporte con gran amplitud para desarenar piezas de pared gruesa.



Alta aceleración vertical (separación de piezas/arena optimizada).

Aceleración horizontal reducida (separación de piezas/arena optimizada, baja velocidad de transporte).

F = Fuerza resultante de ataque  
x = 50 - 75° Ángulo de ataque

La fuerza de ataque que, en este caso, coincide con la fuerza de desarenado, puede ser modificada manteniendo la velocidad de transporte lenta.

# idinova.

FERIA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

## 2009



En **IDINOVA** encontrará nuevas tecnologías y lo último en soluciones I+D+i orientadas al desarrollo de nuevos productos y servicios.

**3 al 6 de noviembre**

Coincidiendo con:



# FERIA VALENCIA

[www.feriavalencia.com](http://www.feriavalencia.com) · [feriavalencia@feriavalencia.com](mailto:feriavalencia@feriavalencia.com)

tel.: (0034) 902 74 73 30 · fax: (0034) 902 74 73 45



## Granalladoras ALJU: La solución para el tratamiento de superficies

**A**lju Bilbao-España, referencia en la fabricación de máquinas granalladoras para cualquier tipo de acabado, celebra este año su 50º aniversario.

Desde su origen y debido a la vinculación con el sector de la fundición, fuertemente presente en el País Vasco, los fundadores han implantado soluciones que dieran respuesta al desarrollo industrial de este sector. Finalmente esto fue plasmado en la especialización, diseño y fabricación de máquinas granalladoras que solucionan el acabado de piezas fundidas.

La empresa, ubicada cerca de Bilbao, es líder en el mercado español y suministra maquinaria en todo el mundo. Tradicionalmente presente en el merca-

do Latino-Americano, también en Europa en algunos países y sectores clave.

*“Es reseñable nuestra apuesta por México, donde desde 1974 y gracias entre otros a Fundiciones Ruiz, nuestro primer cliente en la República, hemos desarrollado una relación comercial de mutuo beneficio con las empresas mexicanas. Actualmente con más de 40 equipos en funcionamiento colaboramos con una empresa local líder en el sector fundición como es Proveedora Industrial de Insumos Básicos para dar servicio de mantenimiento y garantía a todos nuestros equipos dentro de los altos estándares de calidad que ofrece Alju a todos sus clientes”.*





### Personal técnico preparado

Alju fue fundada en el año 1959 por dos hermanos Albino y Julián, ahora disfrutando de su merecida jubilación.

No obstante a su larga historia, la empresa está formada básicamente por personal joven y preparado.

Cada año inventan varios modelos nuevos de máquinas para dar solución a las necesidades de los clientes, con la ayuda de su departamento interno de I+D.

### Alta calidad al alcance de todos

Bilbao y el norte de España, tradicional ubicación de grandes fundiciones, ha dado a Alju la oportunidad durante los años de testar sus granalladoras en las condiciones más duras como 3 turnos por día y 7 días por semana con altos desgastes debidos a la arena en las piezas fundidas.

La fundición es uno de los sectores con más experiencia en la utilización de máquinas granalladoras. Conocen las máquinas y tienen un concepto claro de cómo debe estar construida una granalladora para que su coste hora sea reducido.

Durante 50 años los fundidores son los que han marcado un patrón de alta calidad.

El resultado es un producto entre los mejores fabricados en el mercado en términos de calidad-precio.

En particular se suministra un especial y cuidado diseño para dar vida más larga a cada elemento de la máquina y consecuentemente un coste de mantenimiento más bajo.

Alju es referencia para clientes que necesitan máquinas robustas y fiables para trabajar hasta 24 horas al día.

La experiencia en fundición se ha alargado a muchos otros sectores o aplicaciones como forjas y estampaciones, tratamientos térmicos, productos laminados, construcciones metálicas, fabricantes de maquinaria y bienes de equipo, fabricantes de vehículos o accesorios, shot peening y acabados técnicos, granallado en substitución de acabados químicos, granallado anterior a pintura, piedra, etc.

Alju está también fuertemente presente en aplicaciones modernas como el tratamiento de piezas del sector eólico y energías renovables.

### Asistencia técnica

Después de la instalación de los equipos, la empresa suministra servicio de asistencia y asesoramiento telefónico gratuito. También da respuesta inmediata para el suministro de piezas con un stock que asegura el continuo funcionamiento. En el extranjero Alju ha decidido dar servicio global con respuesta local en cada país. La empresa está siempre cercana al usuario final, mediante firmes alianzas con la industria local, más afín a los clientes.

### La solución

Básicamente cuando Alju recibe una consulta, se recoge cualquier dato importante del cliente y se hacen todas las preguntas clave con la ayuda de un cuestionario técnico. Después Alju estudia la mejor solución con su departamento de ingeniería.

Hoy en día, no sólo es necesario ofrecer la mejor máquina y una buena asistencia técnica. Hay que



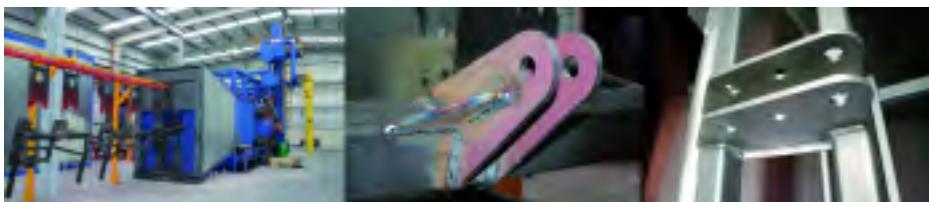
ofrecer y asesorar sobre una solución global en la que se pueden incluir los siguientes análisis:

- Estudio del proceso completo. De dónde, cómo y a dónde van las piezas.
- Ahorro de la manipulación de las piezas y su implantación.
- Gestión ambiental: Filtros, control automático de las emisiones de polvo y reducción de residuos.
- Ajustarse a las necesidades del momento y producción.
- Soluciones económicas.
- Buscar una solución para hacer el trabajo del cliente.
- Asesoramiento de quién puede hacerle el trabajo.
- Maquinaria usada: Tenemos una base de datos para favorecer la relación entre empresas que compran y venden.
- Maquinaria de alquiler.
- Seguridad y adecuación a la normativa.

Opción 1



Opción 2



Opción 3



- Fabricación de máquinas a medida acordes a las necesidades de los clientes.

Gracias a su experiencia en diferentes sectores industriales y alimentándose de constante feed-back con sus clientes, Alju tiene capacidad para liderar cualquier proyecto en el que colaboren varias empresas dando una solución llave en mano para el correcto proceso de acabado.

### Innovando

El equipo de I+D dedica un gran esfuerzo en hacer que las máquinas estándar sean competitivas, influyendo tanto en el diseño como en el procesos productivo.

Como objetivo básico: conseguir una excelente relación calidad-precio.

Todos los años se fabrican varias máquinas nuevas, únicas en el mundo. Algunas de estas soluciones únicas componen el listado de máquinas estándar.

Algunas aplicaciones especiales y patentes:

- Granallado sin desengrase previo: Este proceso supone un gran ahorro en manipulación de piezas y gestión de residuos.
- Sistemas de chorreado automáticos y robotizados.
- Chorreado de interiores: Bloques motor y culatas, botellas, distribuidores hidráulicos, depósitos, tubos...
- En sector eólico tenemos 5 proyectos de innovación sobre: Granalladoras de pieza grande de fundición, tratamiento de tubos y palas.
- Preparación de la superficie para el siliconado, teflonado y vitrificado. Por ejemplo: bandejas de panadería, sartenes.
- Líneas automáticas de granallado y pintado en continuo de pieza muy grande.
- Acabado superficial de piedra, ladrillo y madera.



# “Carl Loper Cast Iron Symposium” un homenaje a un viejo maestro

Por Jordi Tartera

A finales de mayo nos reunimos en Madison (Wisconsin, EE.UU.) casi 50 ex-alumnos, colaboradores y admiradores de una de las figuras señeras en fundición para rendirle un homenaje en forma de simposio sobre hierro fundido. Más de 400 artículos avalan la trayectoria de un maestro de quien hemos aprendido todos los que nos hemos dedicado a la fundición en los últimos 50 años. Fueron sus alumnos no americanos, desde China y Japón, quienes propusieron este simposio a modo de homenaje. Rápidamente cuajó la idea y tres de sus preclaros ex-alumnos y colegas, Doru Stefanescu, Bob Voigt y Tom Prucha se encargaron de organizar el evento que reunió, entre otros, a todos cuantos son algo en hierro fundido.



Carl Loper

Carl Loper, que nunca había pensado ir a la universidad y hacer un doctorado, se graduó en 1955 y se incorporó a Pelton, fundición en la que había trabajado como estudiante. Tras obtener el M.S en 1958 y el doctorado en 1961 enseguida fue fichado por la universidad de Wisconsin donde permaneció hasta su retiro en 2001 que no ha sido óbice para seguir vinculado al mundo de la fundición.

Sus trabajos de investigación sobre fundición gris, de grafito compacto y dúctil, la degeneración del grafito, la transformación en estado sólido, el acondicionamiento del metal líquido, el análisis térmico, la nucleación, la inoculación y el crecimiento

del grafito, etc., le hicieron merecedor de la Medalla de Oro de la AFS en 1972, del Premio Howard F. Taylor y del premio al mejor trabajo en los congresos de la AFS en 1967, 1975, 1976, 1981, 1985 y 1986. Carl ha sido y es una institución en el mundo de la fundición a cuyo lado se han formado los mejores especialistas en hierro fundido.

Aunque sabía quién era por sus publicaciones, no lo conocí en persona hasta 1979 en el Congreso Internacional de Fundición en Madrid cuando, como responsable técnico del congreso, tuve que contactar con todos los ponentes. Enseguida me di cuenta, al igual que me sucedió con Doru Stefanescu a quien presenté, de que estaba con un maestro y fundidor excepcional. Quiero pensar que el encuentro entre Carl y Doru sirvió para que éste fuera a Estados Unidos a trabajar con él. Luego coincidimos en otros congresos internacionales y en los simposios sobre hierro fundido en Södertale, Tokio, Nancy y Barcelona. Siempre amable, jovial, ejerciendo su maestría sin petulancia, no es de extrañar que todos los que amamos el hierro fundido quisiéramos darnos cita para homenajear a Carl Loper de la mejor manera que podíamos, con un simposio sobre hierro fundido.

La tarde del miércoles 27 tuvo lugar la recepción de bienvenida en el Pyle Center, edificio costeado por los antiguos alumnos de la universidad de Madison. Allí nos encontramos con Carl Loper y su familia todos lo que nos sentimos ligados a él por la amistad y la profesión. Fue el momento de compartir con viejos amigos la admiración que sentimos por Carl.



Carl Loper con la delegación española: una vasca, un gallego y un catalán.

El jueves 28, Doru Stefanescu, Bob Voigt y Tom Prucha abrieron el Simposio con el sugestivo título “Hierro fundido según Loper 1”. Doru, tras recordar la notable producción de Loper, más de 5 comunicaciones en cada congreso de la AFS durante más de 20 años, se centró en los trabajos de Carl sobre Tratamiento del metal y solidificación. Desde el acondicionamiento del metal, la inoculación, la nucleación, la formación del grafito laminar, esferoidal o compacto, la degeneración del grafito, el efecto de los elementos deletéreos, especialmente O y S, el análisis térmico, es decir, todo lo referente al hierro fundido ha sido objeto del trabajo de Loper para el cual contó con los mejores colaboradores: Heine, Janovak, Liu, Park, Pan, Stefanescu, Voigt, Sun, Ogi, Prucha, Lekakh, etc., que hoy figuran a la cabeza de los investigadores sobre el hierro fundido.

Por su parte, Bob se refirió a las “Transformaciones en estado sólido y las propiedades mecánicas”. Cabe destacar las investigaciones sobre el comportamiento a fractura, el efecto de los carburos y la perlitita en la propagación de grietas y la tenacidad estática y dinámica, temas en los cuales Bob colaboró estrechamente con Carl. La transformación eutectoide, los tratamientos térmicos, especialmente ADI, el desarrollo de hierros de alto módulo elástico, los estudios sobre el coeficiente de expansión, o el análisis predictivo de las propiedades mecánicas han marcado hitos en el conocimiento del hierro fundido.

Para finalizar, Tom incidió en el “Impacto en la industria que han tenido los trabajos de Carl”. Afortunadamente, en Estados Unidos las relaciones Universidad-Industria no sólo son fluidas, si no que no se concibe que departamentos de Ingeniería no trabajen para la industria. En el caso de Carl, cuya

carrera había comenzado en una fundición, ha sido más patente su relación con la industria y prueba de ello fue la presencia de altos cargos de fundiciones de renombre.

Tras este sentido panegírico, Tom Prucha, de la AFS inició el ciclo de conferencias con la “Revisión de las actividades de investigación sobre hierro fundido subvencionadas por la AFS”. De entre los proyectos llevados a cabo últimamente destacó el del estudio de la estructura de la superficie de las piezas delgadas. Cuando éramos ricos y no importaba que hubiera creces de mecanizado, la piel de la pieza no tenía importancia. Ahora se ha visto que influye tanto en la maquinabilidad como en las propiedades mecánicas estáticas y dinámicas. El envejecimiento debido a la presencia de nitrógeno también influye en la maquinabilidad como se demostró en otro proyecto.

Para conocer cuál es la influencia de las condiciones de solidificación en estos defectos, se dedicaron varios proyectos al estudio del efecto de la velocidad de enfriamiento en la microestructura y propiedades del hierro fundido. Se vio que el tipo de molde afecta la superficie de la pieza y la presencia de azufre en el aglomerante –algo que ya habíamos comprobado en 1981- puede generar una capa de grafito laminar en las piezas de fundición dúctil. Como consecuencia de los proyectos para combatir otra de las bestias negras de los fundidores, las porosidades, se estableció un mapa de defectos, causas y remedios a la presencia de gases del molde, de CO y nitrógeno e hidrógeno, tanto de origen exógeno como endógeno. Previamente se había determinado la morfología de cada tipo de porosidad. Se concluyó que aumentar la temperatura de colada y reducir la turbulencia en el llenado son los mejores caminos para reducir porosidades.

Los trabajos futuros deben orientarse a predecir y asegurar la estructura y propiedades de las piezas fundidas, tanto de pequeño espesor como las grandes piezas para la industria eólica, es decir, como en las películas de Stan Laurel y Oliver Hardy. La simulación de procesos para incorporar las variaciones de fabricación, modelar las interacciones con el molde, los efectos de los elementos residuales, un mayor control del estado líquido antes de colar y la gestión de las microestructuras son las actividades en que se debe centrar la investigación en fundición.

Babette Tonn, de la universidad de Clausthal, nos presentó la “Teoría de la nucleación del grafito en

el hierro fundido laminar” de la que es autora con A. Sommerfeld. Empleando los poderosos microscopios actuales, FIB (rayo iónico focalizado), WDS (espectroscopia dispersiva) junto con los clásicos SEM (microscopía electrónica de barrido) y EDS (análisis dispersivo de rayos X) y EBDS (retrodispersión de electrones) y herramientas informáticas como Thermo-Calc y Micress han estudiado la nucleación del grafito laminar en fundiciones sin inocular e inoculadas.

Se fundieron distintas composiciones de hierro, sin inocular e inoculadas con diferentes productos. Para observar los efectos de la transformación unas muestras se dejaron enfriar en el molde y otras se templaron en agua inmediatamente después de la solidificación, lo que permitió dilucidar que compuestos se formaron inicialmente y cual es su influencia en la grafitización.

El trabajo, muy completo, demuestra que es el MnS el germen de cristalización del grafito, pese a su baja temperatura de solidificación y su desfavorable entalpía de formación. De las composiciones ensayadas la que contiene 0,402% Mn y 0,06% S es la que da mejores resultados. Es curioso que se corresponde con la clásica fórmula  $Mn = 1,7S + 0,30$ .

Mi buen amigo Iulian Riposan es el autor con M. Chisamera y S. Stan de la Universidad Politécnica de Bucarest y C. Hartung y D. White de Elkem del “Modelo en tres etapas de la nucleación del grafito en fundición gris”. Partiendo de la base de que sólo el grafito residual o las partículas no metálicas preexistentes o de reciente formación pueden ser gérmenes de grafitización se propone un modelo de grafitización que, aunque discrepo del mismo, es congruente.

Los sulfuros complejos parecen ser los núcleos donde se inicia la formación del grafito pero para su formación se requiere la presencia de pequeñas partículas de óxido, que son la primera etapa. En la segunda etapa estas inclusiones actúan de núcleos de los (MnX)S. Finalmente, el grafito cristaliza de forma epitáxica sobre los sulfuros complejos. Tres grupos de elementos son importantes en la nucleación: los fuertemente desoxidantes, Al y Zr, para la primera etapa, Mn y S para la segunda y Ca y Sr, procedentes de los inoculantes para posibilitar que los sulfuros nucleen el grafito.

Para obtener fundición gris de calidad en fusión eléctrica se recomienda sobrecalentar el metal para disolver todos los materiales de carga y permitir

que las impurezas pasen a la escoria. Luego hay que acondicionar el metal con elementos formadores de óxidos y finalmente inocular con Ca o Sr.

Edurne Ochoa de Edertek nos ofreció “Una mirada a los esferoides de grafito tal como nos enseñó Carl Loper”, trabajo que habíamos realizado conjuntamente con Montserrat Marsal y Gonzalo Valera-Castro de la UPC. Tanto la microscopía óptica (MO) como la de barrido (MEB), así como los distintos ataques de las muestras nos dan mucha información sobre la solidificación y las características del hierro fundido. El ataque en color revela la segregación del Si y la formación de dendritas. El ataque en profundidad permite discernir la formación del grafito. Sin embargo, según como se haya realizado el ataque puede dar lugar a confusiones. Así, el pulido con diamante hizo suponer que primero se formaba grafito laminar y luego crecía el esferoide, lo cual es falso.

El MEB con análisis EDS nos muestra cuáles son los gérmenes de grafito y cuál es la influencia de la limpieza del caldo, comprobándose en las fracturas por fatiga o impacto. El acondicionamiento del caldo es básico para obtener buenos esferoides. La adición de FeSiMg al horno de fusión induce la formación de pre-gérmenes. El uso de Ba y otros elementos, aún en fase de investigación, permiten asegurar una buena nodulización.

El examen microscópico permite conocer las segregaciones y cuales 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. Los nuevos métodos de observación: el microscopio confocal, la espectroscopia Raman o el rayo iónico focalizado abrirán nuevas posibilidades a la observación de la microestructura.

“Actividad del oxígeno y formación de la escoria en el hierro fundido. Revisión bibliográfica” fue el tema que nos propusieron Attila Diószegi de la universidad de Jönköping y J. Ekengård de Volvo. En los aceros hace tiempo que se mide la actividad del oxígeno para controlar la efectividad de la desoxidación mientras que en el hierro fundido no se le ha dado suficiente importancia hasta la última década.

Uno de los resultados de la revisión bibliográfica que nos presentó mi amigo Attila es que el Si controla la actividad del O y que el carbono equivalente influye en la actividad, lo cual es importante si

se usa esta medida para controlar el grado de oxidación del caldo. También se han observado diferencias de actividad antes y después del tratamiento de nodulización con Mg.

Sin embargo quedan preguntas a responder. ¿Cuál es la relación entre el O disuelto y el tipo de escoria? ¿Qué composición puede tener la escoria para diferentes temperaturas y composiciones de hierro? ¿El O disuelto afecta la morfología del grafito? ¿Depende del C total? Esperemos que en un futuro próximo nos las resuelvan.

Von Richards, que fue uno de los primeros alumnos y Simon Lekakh que fue de los últimos, junto a K, Peaslee, todos ellos de la Universidad de Missouri, rindieron homenaje a su maestro Carl con su conferencia titulada "Termoquímica de las inclusiones no metálicas en fundición dúctil" en la que compararon el efecto de las inclusiones en los aceros y las fundiciones, para lo que emplearon un software para los cálculos termodinámicos y un análisis automático de inclusiones por SEM/EDS.

Es de sobra conocido que las inclusiones no metálicas son nocivas en el acero al ser el inicio de grietas de fractura, mientras que en el caso del hierro fundido son gérmenes de grafitización, aumentando las propiedades mecánicas y disminuyendo el rechupe. Para dilucidar este comportamiento se estudiaron las interacciones de Ca, S, O, Mg y Ce en el hierro y el acero.

Los métodos experimentales y computacionales empleados han demostrado que la medida de la actividad del oxígeno y el control de S sirven para determinar la secuencia de las reacciones de afino y combinados con el análisis térmico deben servir para predecir la intensidad de la nucleación, controlar la estructura y resolver los problemas de rechupe.

Adel Nofal del Instituto Central de Investigaciones Metalúrgicas de Egipto, con quien compartimos paseos y barbacoa en Madison, como representante de la civilización más antigua supo encontrar el título perfecto para su conferencia "Hierro fundido - un viejo nombre para un nuevo material". Si bien se conoce desde el siglo V a.C. ha sido en los últimos 50 años y, especialmente las décadas finales del siglo XX cuando su desarrollo ha sido espectacular.

En su explicación Adel se centró en las fundiciones ADI y sus últimos desarrollos, ADI con carburos, austempering en dos etapas, ausforming, ADI de fase dual, ADI bainítica-martensítica, conforma-

ción por squeeze casting, ADI bajo en carbono o ADI sin austenita. En el caso de la fundición de grafito compacto, el conocimiento de los mecanismos de crecimiento y la influencia de los acondicionadores ha permitido asegurar la estructura sin que aparezca grafito laminar o esferoidal.

Para resistir a la abrasión, los Ni-Hard esferoidales tipo IV con una relación Ni:Cr distinta presentan mayor tenacidad, conductividad y maquinabilidad que los tipos I y II. Las fundiciones al aluminio, difíciles de fundir pero de gran resistencia a la oxidación, han sido objeto de mejoras sustanciales con la adición de dopantes como B o Cr o la formación de composites "in situ" con Ti.

El nuevo material que reza el título no se refiere sólo a nuevos tipos de hierro fundido. Nuevos procesos como la colada continua horizontal, la forja, la estampación o la laminación abren nuevas posibilidades a la fundición dúctil. Espero que el año próximo, durante el Simposio Cast Iron que presidirá Adel en Egipto nos muestre los avances que ha conseguido con su equipo.

"Evidencia experimental de las modificaciones metalúrgicas asociadas al grafito "chunky" en piezas de fundición dúctil de gran espesor" es el título de del trabajo que presentó Jacques Lacaze, de la universidad de Toulouse y del que también son autores nuestros amigos de Azterlan S. Méndez, J. Sertucha, P. Larrañaga y Ramón Suárez, presente en el simposio, e I. Ferrer de Fundiciones TS. De entrada, propongo que llamemos grafito chungo, que significa maltrecho y/o deformado, al grafito chunky y espero que mis amigos Jacques y Ramón lo acepten.

Llámesse como se llame, es un problema en las piezas de gran espesor. En ese trabajo se utilizó el análisis térmico diferencial (ATD), técnica que aprecio, para analizar muestras con y sin chungo, sacadas de un cubo de 300 mm de espesor. Manteniendo justo por encima del líquido durante tiempos variables, en el enfriamiento posterior se observó la formación de los tipos de grafito que aparecen.

Aunque es necesario profundizar en el tema, parece ser que el crecimiento del grafito chungo tiene más que ver con el bloqueo del crecimiento en la dirección a que en un rápido crecimiento en la dirección c y está relacionado con la escasa formación de las maclas necesarias para que se formen los esferoides.

Un tema realmente novedoso, aunque hace ya 50 años Gittus utilizó las vibraciones para inocular fundición dúctil, fue la “Solidificación del hierro fundido mediante estimulación acústica sin contacto” que nos presentó Bob Voigt de la Universidad de Pennsylvania junto con P.C. Lynch de la misma universidad y T.M. Grenko de Alcoa.

Se sabe que los ultrasonidos facilitan el llenado de piezas delgadas al romper las películas de óxidos, mejoran el rendimiento de las mazarotas reduciendo el microrrechupe y disminuyen el subenfriamiento pero era necesario establecer las condiciones de aplicación, especialmente la distancia entre el generador y el molde y la frecuencia de los ultrasonidos.

Mediante análisis térmico se comprobó el diferente comportamiento con y sin vibraciones. Así, en una fundición no inoculada que daba grafito D sin vibración, se obtiene grafito A. En una inoculada aumenta la longitud de las laminillas y disminuye su número. En fundición dúctil aumenta ligeramente el tamaño de esferoides, su número y la nodularidad. Aunque sea necesario proseguir la investigación los resultados son prometedores.

Para desmentir la creencia antigua de que la fundición es cosa de brujería como nos dijo Attila Diószegi, autor con L.Elmquist, J.Orlenius y I.Dugic de la universidad de Jönköping del trabajo “Formación de defectos en la producción de componentes de hierro fundido”, los fundidores suecos y la universidad decidieron investigar los mecanismos de formación de defectos tales como la porosidad de gas, los microrrechupes y la penetración.

La medición en continuo de H<sub>2</sub> y N<sub>2</sub> permitió comprobar que la fusión, sea en cubilote u horno de inducción si en éste se precalienta la carga, no aporta gases susceptibles de dar porosidad. No ocurre lo mismo con el sistema de llenado. Para comprobarlo diseñaron un molde con un sistema de llenado en zigzag que puso de manifiesto que un llenado turbulento es fuente de hidrógeno, mientras que el nitrógeno se asocia a las resinas de poliuretano.

La determinación del tamaño de grano austenítico y el ataque en color revelaron la fase sólida inicial y dónde y cuándo se forma el microrrechupe. Mediante la misma técnica y la simulación se comprobó que durante la solidificación eutéctica la zona columnar se deforma y se abre facilitando que el exceso de líquido penetre entre los granos de arena.

En la siguiente conferencia, “Controlando las microestructuras de la fundición de grafito compacto- ¿Qué es importante?”, la clásica curva de nodularidad en función del magnesio residual sirvió a Steve Dawson de SinterCast para reflexionar sobre los efectos del Mg y de la inoculación en la obtención de grafito compacto. Si el Mg residual es inferior a 0,008% se obtiene grafito laminar, mientras que por encima de 0,03% la nodularidad supera el 80%. El rango útil para el grafito compacto se sitúa entre el 0,010 y el 0,018% margen realmente muy estrecho y que justifica las dificultades para obtener este tipo de hierro fundido.

Inoculación y nodulización son las claves del éxito. La misión de la inoculación es favorecer la formación de grafito que, sin nodulizante, sería laminar. Por su parte, el magnesio permite que se formen esferoides pero también favorece la aparición de cementita. En consecuencia debe encontrarse el equilibrio entre inoculante y nodulizante para conseguir grafito compacto. El tipo de inoculante y nodulizante, así como el método de adición tienen gran importancia en la consecución de la estructura adecuada, sin grafito laminar y con menos del 20% de esferoides. La velocidad de enfriamiento, es decir, el espesor de las piezas también es una variable a controlar. Igualmente debe tenerse en cuenta la posible formación de estructuras degeneradas y de microrrechupes.

Vitor Anjos nos dio a conocer “Un nuevo método de análisis térmico para la producción de fundición de grafito compacto” del que es autor con W. Baumgart y O. Kloetzen, de OCC y Carlos Silva Ribeiro y J. Cunha de la Universidad de Oporto. El objetivo fue desarrollar un modelo matemático basado en las curvas de enfriamiento a partir del cual establecieron un índice de magnesio y un índice de inoculación que permiten definir el estado metalúrgico del hierro fundido.

Se definen cuatro estados metalúrgicos. En estado cero, el metal está lejos de las condiciones necesarias para producir grafito compacto por lo que debe corregirse. En estado 1 el metal es adecuado pero es necesario un tratamiento de ajuste final. El estado 2 indica que el metal es apto para ser colado. Finalmente, si el metal está en el estado 3 es imposible obtener grafito compacto y debe desecharse. El sistema puede emplearse tanto en cuchara como en horno de colada, siempre y cuando las adiciones sean controlables.

Con este método es posible definir las curvas para

representar los índices y mediante el modelo matemático conocer los puntos críticos de las curvas de análisis térmico que permitan ajustar los parámetros adecuados para asegurar la obtención de grafito compacto. La utilización de estos índices asegura una producción repetitiva.

La pérdida de características mecánicas debida a la deterioración de la superficie de las piezas fue abordada por Doru Stefanescuy S. Boonmee de la Universidad de Ohio en su conferencia "Sobre el mecanismo de la formación de la piel de solidificación en fundición de grafito compacto". Este fenómeno es debido a la interacción metal-molde y que ésta puede ser física, por capilaridad, dando lugar a rugosidad o penetración y química por reacción del Mg con O, CO o H<sub>2</sub>O.

Como no se han detectado elementos deletéreos como Te, Sb, As, etc., la degeneración del grafito sólo puede tener lugar por pérdida de Mg o Ce que se combinan con S u O. La investigación realizada permite suponer la degradación en la capa superficial es debida a que el Mg reacciona los aglomerantes en moldeo químico o con el oxígeno presente en la arena en verde.

Se propone un modelo de difusión para demostrar que si la convección del metal líquido durante la solidificación es elevada, no se produce degradación. Por el contrario si hay poca convección, no hay aporte de Mg del resto del metal para compensar el que ha reaccionado con S y O y hay degradación de grafito.

Otro de los alumnos de Loper, Yung. Ning. Pan, junto con C. C. Fan, H. Y. Chang y C.H. Cheng, todos de la Universidad de Taiwán abordó las "Propiedades de fatiga térmica a alta temperatura de piezas delgadas de fundición de grafito esferoidal" con el propósito hacer viables piezas de 2-3 mm capaces de resistir ciclos térmicos hasta 800°C. Se utilizaron fundiciones de CE~ 4,5 y CE ~ 4,8 pero con carbonos relativamente bajos, 3 %.

En las fundiciones ligeramente hipereutécticas, a más Si mayor es el número de nódulos y la esfericidad y se obtiene más ferrita para un Si del 4,7%. Aunque el tipo de molde, químico o físico, influye poco, la mayor cantidad de ferrita se consigue con moldes químicos y temperaturas de colada elevadas. Mayor cantidad de ferrita significa mejor comportamiento a la fatiga térmica. La adición del 0,5% de Mo mejora notablemente la resistencia a la fatiga térmica.

Se pudo comprobar que si la matriz contiene mayor porcentaje de perlita, durante los ciclos térmicos se llega a formar martensita que pasa a martensita revenida y llega a precipitar grafito secundario. Las tensiones térmicas generan grietas que crecen en las proximidades del grafito secundario dando lugar a la rotura por fatiga.

En los automóviles, especialmente en los de cilindradas grandes, habituales en Estados Unidos, se han detectado algunos problemas de ruido y vibraciones que han sido atribuidos a la variación de espesor de los discos de freno a causa de la expansión durante los ciclos térmicos. Por este motivo, Greg Miskinis y B. Powell de ThyssenKrupp nos ofrecieron "Una nueva mirada al microdesgaste del hierro fundido" partiendo de los resultados de los ensayos de conjuntos de disco y caliper.

Las variaciones dimensionales pueden ser debidas a tensiones residuales, pero un recocido contra acritud no soluciona el problema. La adición de Cr, Cu o Mo, aumenta la temperatura de relajación de tensiones pero encarece el producto. Ni siquiera mediante un tratamiento térmico, con la consiguiente mejora de las propiedades mecánicas, se traduce en un desgaste menor y más regular.

Se observó que las diferencias de espesor tenían lugar en aquellos lugares en donde la cantidad y tamaño del grafito era diferente al resto y coincidía con la situación de los ataques y las mazarotas, por lo que se simuló el desgaste en función de la posición del sistema de llenado y alimentación. La aplicación del nuevo sistema de llenado ha significado una notable reducción de las variaciones de espesor.

El control de la estructura de la matriz y la distribución y tipos de carburos son esenciales para piezas resistentes a la abrasión. Para ello, Keisaku Ogi, H. Miyahara y S.V. Bravo de la Universidad de Kyusu y K. Yamamoto del Kurume National College of Technology abordaron el Diseño de aleaciones de hierro fundido para resistir a la abrasión a temperatura elevada. Para estas aplicaciones, el hierro fundido ha de estar altamente aleado.

Se ensayaron dos series de fundiciones, una conteniendo 35-40%Cr, 9% Ni, 0-5% Mo, 6-7% Nb y 2,3-4,6%C y la otra 34%Cr, 9,5%Ni, 5,5% Mo, 2,5-7% Al y 1,4-2,1%C, para estudiar el efecto de los elementos de aleación en la microestructura a elevadas temperaturas y la resistencia a la abrasión. En la segunda serie se comprobó el efecto del Al en la resistencia a la oxidación.

Se concluye que la adición de Mo afina los carburos tipo M7C3 aumentando la resistencia a la abrasión pero tiene poca influencia en la resistencia a la oxidación. Aunque el Nb acelera la oxidación, su efecto es menor que el V. El Al aumenta extraordinariamente la resistencia a la oxidación debido a la formación de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pero aumenta el tamaño de los carburos.

Baicheng Liu de la Universidad de Tsinghua, autor con H. Zhao de la Universidad del Sur de China del trabajo "Macro y Micro modelos del proceso de solidificación de la fundición de grafito esferoidal" comenzó su conferencia mostrándonos fotos de un joven Liu trabajando en Madison con Carl Jen en 1979! El camino recorrido le ha permitido desarrollar un modelo matemático de formación de la microestructura teniendo en cuenta la transformación estable y metaestable y la predicción de la porosidad en piezas de fundición dúctil.

Para validar el modelo se utilizó la clásica probeta en escalones y se examinó la microestructura en 12 puntos seleccionados. La validación experimental mostró un buen acuerdo en cuanto a número y tamaño de nódulos y presencia de carburos. La microsegregación del Si tiene un importante efecto en la formación de carburos. La predicción de la porosidad se comparó con la del software comercial, con mejores resultados.

Como aplicación práctica se presentó el caso de una carcasa de freno y de un buje de rueda que presentaban hasta un 20% de poros. Se simuló distintos sistemas de llenado y alimentación comprobándose que la porosidad aparecía donde preveía el modelo. Así, pudieron optimizarse ambas piezas mediante el rediseño las coladas y el empleo de enfriadores.

Ingvar L Svensson y T. Sjögren de la universidad de Jönköping llevan tiempo trabajando en la "Modelización y simulación de las propiedades mecánicas de hierros fundidos con diferentes morfologías de grafito" que fue el título de su conferencia. Para llevar a cabo su investigación emplearon fundiciones de grafito laminar, compacto y esferoidal ya que, como es sabido, las propiedades mecánicas dependen de la morfología del grafito y de los constituyentes de la matriz.

La deformación elástica y plástica puede ser descrita por el módulo de Young E, el coeficiente de resistencia K y el coeficiente de endurecimiento n según la ecuación de Hollomon. Para la medición

de estos valores se emplearon métodos acústicos que proporcionan un mejor conocimiento del comportamiento elástico y plástico, permitiendo relacionar mejor la microestructura y las propiedades. Así, se comprobó que la morfología del grafito y la anisotropía de las células eutécticas son los factores más importantes.

Los modelos de simulación de la microestructura y predicción de propiedades mecánicas desarrollados por los autores fueron implementados en el software de simulación de fundición dúctil. Los puntos críticos de la simulación son la velocidad de enfriamiento, la nucleación del grafito, el número de esferoides y la restricción a la presencia de ferrita. Los resultados de la simulación concuerdan con los experimentales. Utilizando las propiedades mecánicas locales en vez de las globales se puede predecir mejor la respuesta a la aplicación de una fuerza.

Siguiendo con la simulación, C. Heisser y K. Nikolv de MAGMA tras recordar que, si bien la velocidad de computación ha aumentado exponencialmente, los procesos de simulación se basan en el "qué pasa si" (what-if). Para sacar más provecho propusieron combinarlos con la "Optimización autónoma de la simulación del proceso de fundición de hierro" que se fundamenta en un conjunto de parámetros en vez de unos puntos específicos.

Las herramientas de optimización autónoma se basan en un algoritmo genérico. Inicialmente se crea un grupo de diseños y se hace la simulación de todos los miembros del grupo. Tras evaluar todos los resultados, el algoritmo decide para cada diseño si es correcto o debe ser eliminado, modificado o combinado con otro de los existentes o uno nuevo todavía no calculado. El proceso se repite hasta que no aparecen mejoras.

Como se puede proceder por partes, en los ejemplos que ilustraron la conferencia se optimizó en primer lugar una mazarota externa, luego una interna y luego todo el sistema de llenado para asegurar que todas las piezas del mismo molde se llenan a la vez. La optimización inversa sirvió para equiparar los valores de las curvas de enfriamiento medidas y calculadas.

De nuevo, Jacques Lacaze nos ofreció la "Investigación experimental del efecto del cobre en la transformación eutécticoide durante el enfriamiento y tras austenización de la fundición de grafito esferoidal" de la que es autor con J. Serrucha y P. Larra-

ñaga de Azterlan y M. Insausti de la Universidad del País Vasco, tema importante cuando se quieren obtener altas prestaciones en piezas masivas.

Para ello se colaron una serie de probetas con contenidos de Cu entre el 0,11 y el 0,95% y tras la austenitización se enfriaron a distintas velocidades. Con la ayuda de las curvas de enfriamiento y de análisis térmico diferencial y de la observación metalográfica, tanto de las probetas en fruto de colada como tratadas térmicamente, se pudo evaluar el efecto del Cu.

Así, se comprobó que pequeñas adiciones de Cu no disminuyen la cantidad de perlita en fundiciones esferoidales bajas en Mn. Por el contrario, con contenidos de Cu superiores a 0,6% la ferrita disminuye drásticamente, sea cual sea la velocidad de enfriamiento. Esto es debido a que el coeficiente de difusión del C en la ferrita es mucho menor por debajo del punto de Curie y a que con el 0,6% de Cu la temperatura de transformación está por debajo de este punto.

Fue una lástima que ninguno de nuestros amigos Edward Frás, Jorge Sikora, H. López y M. Górký pudieran acudir al simposio para presentar su conferencia sobre el “Mecanismo de la influencia del silicio en el índice de tendencia al temple de piezas delgadas de fundición dúctil” que sí aparece en las memorias del simposio y que, a buen seguro, nos ayudará a evitar defectos en piezas delgadas.

Lo mismo ocurrió con Mitsuharu Takita que debía hablarnos de la “Microestructura y propiedades de hierro fundido semi-sólido mediante la técnica de la placa enfriadora”, cuya lectura en las memorias abre un interesante futuro a las piezas fundidas.



Carl Loper dándonos su última lección

Como no podía ser menos, cerró el Simposio Carl con “Hierro fundido según Loper 2”. Fue una recapitulación de su vida profesional, tanto en la industria como en la universidad. Con su amenidad de siempre, fruto de su gran humanidad, nos fue relatando sus avatares profesionales, el recuerdo de sus pocos maestros y sus muchos alumnos, una buena representación de los cuales lo estaba escuchando con el mismo interés con que habían seguido sus clases.

Para mí, lo más importante de su última lección no fueron los conocimientos de fundición que nos transmitió, fue la creencia de que los valores morales que se traslucen de su trayectoria son los que engrandecen una persona y una profesión.

La comida y foto final de los asistentes cerró el simposio. Sin embargo, los que no partíamos de Madison la misma tarde tuvimos la suerte de ser invitados a una barbacoa en casa de Carl. Allí, con su esposa Jane y sus hijas Cynthia y Anne y sus esposos compartimos una velada inolvidable.



Tal como Edurne Ochoa cerraba la presentación de nuestra conferencia sólo cabe añadir “Many thanks, Carl”.

Los participantes en el simposio. No están todos los que son pero son casi todos los que están.



# Control del contenido de carbono a lo largo del proceso de fabricación de discos de freno de alto carbono

Por U. Muruzábal<sup>1</sup>, G. Nava<sup>1</sup>, C. Ruiz<sup>1</sup>, I. Asenjo<sup>2</sup>, P. Larrañaga<sup>2</sup>, R. Suárez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lingotes Especiales, S. A.

<sup>2</sup> Área de Ingeniería y Procesos de Fundición, Azterlan.

## Abstract

Las propiedades físicas de los discos de freno de alto carbono se encuentran fuertemente afectadas por el contenido de este elemento, entre ellas la capacidad para disipar la energía térmica producida en el momento del frenado del vehículo. En proceso normal de fabricación existe una disminución del porcentaje de carbono respecto del inicial obtenido en el horno. En el presente estudio, se han obtenido las variables que influyen en las pérdidas del mismo. Se ha desarrollado un modelo matemático que permite conocer de una manera precisa el porcentaje de este elemento a partir de dichas variables. Este hecho habilita su adecuación en todo momento sin necesidad de realizar controles adicionales, con el consiguiente ahorro de coste y logística, asegurando el cumplimiento de las exigencias de especificación del material.

## Introducción

Los discos de freno fabricados con fundición gris de alto contenido en carbono presentan unas propiedades físicas adecuadas para aplicaciones a alta temperatura, especialmente las relacionadas con la disipación térmica, distorsión y aparición de grietas por efecto térmico y colapso por vibración<sup>[1], [2]</sup>.

La estructura matricial de este tipo de discos debe ser completamente perlítica. La presencia de pequeñas trazas de ferrita reduce las resistencias al desgaste y a la rotura. A pesar de ello, algunos in-

vestigadores asocian pequeñas cantidades de ferrita con una mayor conductividad térmica<sup>[3]</sup>.

Esta estructura matricial perlítica se obtiene mediante la adición de elementos de aleación<sup>[4]</sup>, los cuales estabilizan la perlita, aumentando las características mecánicas. Es muy importante mantener un balance muy equilibrado de estos elementos debido al incremento del coste económico y al aumento de la dureza del material lo que posibilita la aparición de problemas de maquinabilidad<sup>[5]</sup>.

El contenido de carbono y silicio juega un papel preponderante en la resistencia mecánica de la fundición grafitica laminar. El silicio debe ser el suficiente para garantizar la precipitación del carbono en forma de grafito y el menor posible para restringir al máximo el contenido de ferrita<sup>[1]</sup>. El carbono debe situarse en el límite inferior de la especificación, ya que contenidos innecesariamente elevados disminuyen de manera ostensible la resistencia<sup>[6]</sup>.

A la vista de estas consideraciones, un preciso control del contenido de carbono a lo largo del proceso de fabricación se antoja fundamental para garantizar las especificaciones tanto de composición química como de características mecánicas, permitiendo asimismo minimizar al máximo la cantidad de elementos de aleación a añadir.

## Reacciones de oxidación del carbono y silicio

La pérdida de carbono se asocia principalmente a la presencia de oxígeno. La gran afinidad entre am-

bos elementos (especialmente a alta temperatura) provoca que una parte del carbono contenido en el metal líquido se combine formando monóxido de carbono (CO) o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El contenido de oxígeno en el hierro base es función del proceso de fusión (tipo de horno) pudiendo variar entre 40 y 100 ppm para los hornos de inducción. Sin embargo, el contenido de oxígeno activo (oxígeno no combinado), es mucho menor, pudiendo oscilar entre 1.5 y 5.0 ppm.

El contenido de oxígeno activo varía posteriormente a lo largo del proceso de fabricación. Su contenido aumenta en los trasvases (del horno a la cuchara, de ésta a la unidad de colada y durante la colada de los moldes) y disminuye en el proceso de inoculación. Este hecho es debido a que el nivel de oxígeno en el hierro depende del equilibrio entre las reacciones de este elemento con el resto de elementos que se encuentran en disolución, con los compuestos presentes en la escoria y con los compuestos adicionados en las diferentes etapas del proceso.

El oxígeno presente en el caldo proviene de tres fuentes principales:

- Materias primas, donde se contemplan tanto las cargas metálicas oxidadas o húmedas como el contenido de este elemento en los diferentes aditivos introducidos (recarburantes, ferroaleaciones, etc.).
- Reacciones del metal líquido con los refractarios.
- Reacciones del metal con la atmósfera en la fusión, trasvase, permanencia en la unidad de colada y colada de los moldes.

La temperatura también influye en el proceso de decarburación. Cuanto mayor sea ésta, más oxígeno activo es capaz de absorber el metal y, por lo tanto, un mayor contenido de carbono es capaz de combinarse con el oxígeno.

De la misma manera, cuanto más tiempo se encuentre el metal a alta temperatura más carbono se pierde por oxidación. Cuando se produce la oxidación del carbono, la cantidad de oxígeno en el hierro disminuye. El sistema tiende a volver a su estado de equilibrio, adquiriendo oxígeno de la atmósfera y oxidando una mayor cantidad de carbono. La atmósfera es un medio inagotable de oxígeno, y la escoria puede actuar como barrera entre ambos medios, dificultando la absorción de oxígeno por parte del metal líquido.

Según el diagrama de Ellingham, en ausencia de

cantidades importantes de calcio, magnesio, zirconio, aluminio, cerio y titanio, el elemento que se oxida con mayor facilidad a baja temperatura es el silicio y a alta temperatura el carbono. Este hecho es debido a que la energía libre de formación del compuesto CO tiene una pendiente contraria a la de oxidación del silicio y, por lo tanto, su formación es más estable a alta temperatura (figura 1).

Así, a elevadas temperaturas y debido a los altos contenidos de carbono, se produce la oxidación del mismo (según la reacción [1]), formándose burbujas de CO que ascienden a través del metal líquido pasando a la atmósfera y disminuyendo la cantidad de carbono. Al descender la temperatura, por debajo de la denominada temperatura de equilibrio, es el silicio el elemento que se oxida, formándose SiO<sub>2</sub>.

Si se suman las ecuaciones de oxidación del carbono [1] y la de reducción del silicio [2], se obtiene como resultado la reacción [3]. La temperatura de equilibrio para esta reacción se puede determinar a partir de las concentraciones de carbono y silicio del hierro.

Los componentes entre corchetes se encuentran disueltos en el metal líquido, los que aparecen entre paréntesis forman parte de la escoria y los que se muestran entre llaves corresponden a una fase gaseosa.

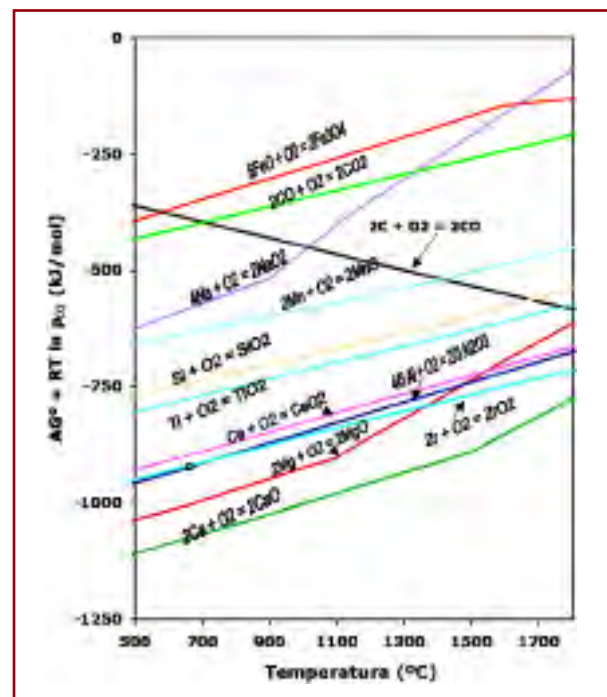
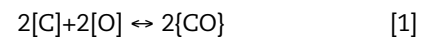
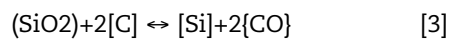
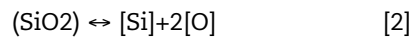


Figura 1. Diagrama de Ellingham de formación de óxidos.



A partir de esta ecuación [3] se obtiene la temperatura de equilibrio según la ecuación [4][7].

$$T_{\text{eq}} (^{\circ}\text{C}) = \frac{-27486}{\log\left(\frac{[\text{Si}]}{[\text{C}]}\right) - 15.17} - 273 \quad [4]$$

De esta manera, cuando la temperatura es superior a la de equilibrio, la oxidación del carbono es la reacción predominante, mientras que, si es inferior, el elemento que se oxida es el silicio.

En estas condiciones, a alta temperatura el elemento que se oxida es el carbono, desprendiéndose CO en forma gaseosa. Sin embargo, a baja temperatura es el silicio el que se oxida, formándose una mayor cantidad de escoria, debido al SiO<sub>2</sub> que aparece en forma sólida. Además, cuanto mayor sea la temperatura de equilibrio, más se favorece la formación de escorias durante el enfriamiento del metal líquido.

La temperatura de equilibrio se encuentra en el intervalo 1.400-1.430 °C para las composiciones habituales de fundiciones gráficas laminares, situándose en 1.410 °C para una composición frecuente correspondiente a la fabricación de discos de alto carbono (3.80% de carbono y 2.00% de silicio).

### Metodología experimental

El carbono es posiblemente el elemento más difícil de controlar en las fundiciones gráficas. En el presente trabajo se han aplicado dos de las técnicas más fiables existentes actualmente en el mercado: el registro de la curva de enfriamiento correspondiente a una fundición blanca (Thermolan®) y el análisis de carbono por combustión (LECO).

Ambas técnicas se han utilizado en las distintas fases del proceso: plataforma fusora (hornos), cuchara de trasvase, unidad de colada y directamente en pieza.

Primeramente se realiza el registro de las curvas de enfriamiento en dos tazas estándar con distintos aditivos:

- Telurio: provoca la solidificación según un modelo carbúrico (fundición blanca), lo que permite determinar la composición química de carbono y silicio.

- Inoculante: se añade manualmente un 0.10% de inoculante para reproducir en todas las etapas del proceso las condiciones finales de las piezas fabricadas.

Posteriormente se analiza por combustión la muestra estándar inoculada (taza). La finalidad es conocer las variaciones del porcentaje de carbono a lo largo del proceso de fabricación, y por lo tanto, poder determinar las pérdidas del mismo desde la plataforma fusora hasta pieza.

La plataforma fusora consta de dos hornos de inducción de media frecuencia, cuya capacidad es de 17 t. En condiciones normales de fabricación se trabaja según el modelo horno lleno/horno vacío. En algún caso se extraen dos cucharas (2.5 t por cuchara) del horno y se recargan las 5 t extraídas.

Adicionalmente, en algunas ocasiones, se ha procedido a prolongar los tiempos de permanencia del horno a alta temperatura, bien estando el horno lleno, a media carga o casi vacío.

La carga del horno consiste en un pie de baño (~2 t), al que se añaden 5 t de paquete de acero de automoción, 10 t de retorno, recarburante derivado del petróleo, CSi y FeSi. El ajuste final del porcentaje de carbono se realiza mediante grafito de electrodo.

El metal del horno se vierte a la cuchara de trasvase. Se analiza el porcentaje de carbono en todas las cucharas extraídas, de tal manera que se obtiene la decarburación a lo largo del proceso de vaciado del horno.

Los ensayos en la unidad de colada se han realizado en dos líneas de moldeo vertical (Disamatic).

- En la primera, la cuchara de trasvase realiza igualmente la función de cuchara de colada. Los ensayos se realizan al principio y al final de cada cuchara.
- En la segunda, el metal de la cuchara de trasvase se vierte a un horno calentado por gas (~7 t de capacidad). En este caso los ensayos se realizan pasados dos minutos desde el vertido de la cuchara (para asegurar la homogeneidad del metal) y en los instantes previos al vertido de la siguiente cuchara.

En ciertos casos se han obtenido piezas correctamente marcadas e identificadas para su posterior análisis por combustión. La finalidad es conocer la

variación total del porcentaje de carbono (desde la plataforma fusora hasta pieza).

En total se han analizado 22 hornos, 112 cucharas, 63 mediciones en la unidad de colada y 31 piezas.

### Resultados y discusión

El contenido de carbono obtenido durante el vaciado de los hornos A y B se muestra en la figura 2, donde se aprecia una tendencia descendente en el porcentaje de dicho elemento (por claridad únicamente se muestran los ensayos más representativos).

Cabe destacar en la figura 2, la aparición de tendencias puntuales ascendentes, las cuales no pueden ser únicamente atribuibles a la incertidumbre del sistema de medida, debido a que el análisis del carbono por combustión (LECO) presenta la misma

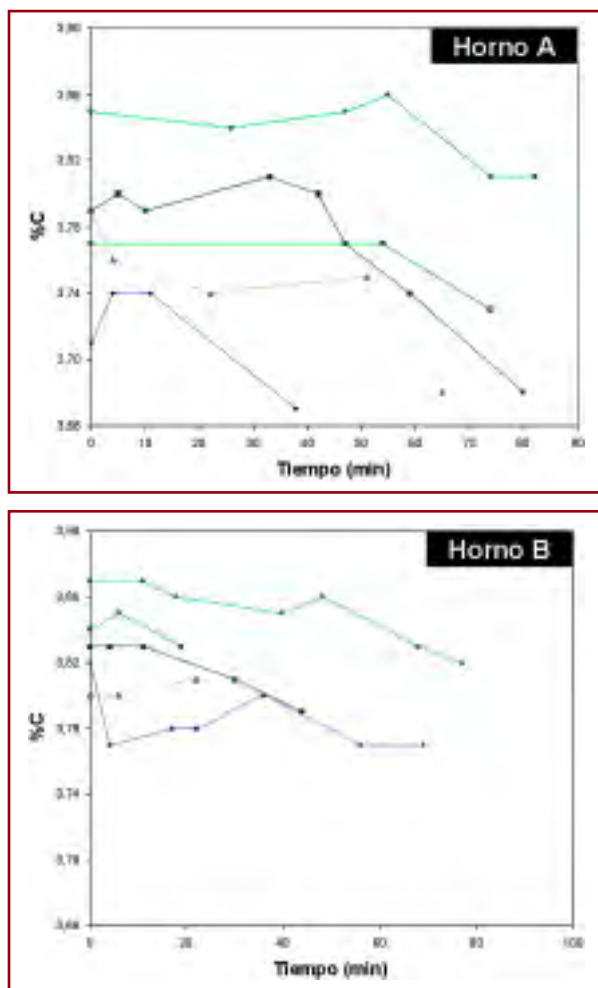


Figura 2. Evolución del porcentaje de carbono para cada uno de los hornos analizados.

tendencia. Los casos que presentan un mayor incremento del porcentaje de carbono se corresponden a hornos en los que ha habido que ajustar su contenido en el último momento.

Como puede apreciarse en esta figura 2, las pérdidas de carbono se acentúan en las últimas cucharas extraídas del horno. Para conocer la influencia del tiempo de permanencia con diferentes cantidades de metal remanente en el horno se han efectuado dos test (uno en cada horno) consistentes en mantener cierto tiempo el metal a alta temperatura estando el horno lleno y extrayendo dos y cuatro cucharas de los mismos (figura 3).

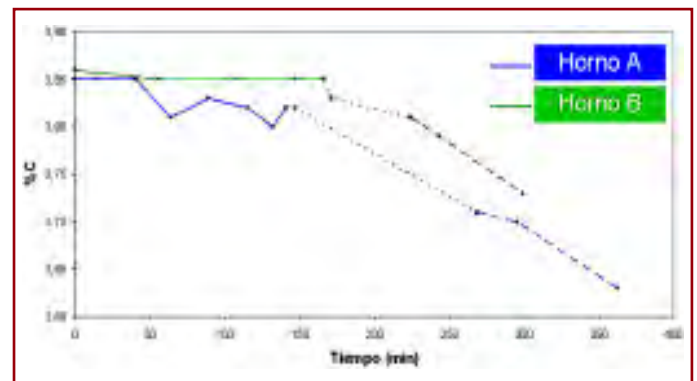


Figura 3. Evolución del porcentaje de carbono tras largos tiempos de parada en distintas condiciones: horno lleno (línea continua), tras extraer dos cucharas (línea a trazos cortos) y tras extraer cuatro cucharas (línea a trazos largos).

La pérdida de carbono no es la misma en las distintas condiciones mencionadas, lo que se asocia a:

- La superficie de contacto entre el metal y la atmósfera varía (siendo mayor cuanto más inclinado se encuentre el horno).
- Mayor agitación del metal.

Ambos factores aumentan la concentración de oxígeno en el metal. Al igual que en las pruebas normales realizadas, se observa un pequeño incremento en el porcentaje de carbono tras extraer las primeras cucharas.

La práctica habitual de las fundiciones es analizar el contenido de carbono del horno cuando éste se encuentra lleno. Posteriormente la dificultad de obtener una muestra es elevada. Del presente estudio es posible extraer una ecuación que permite conocer el porcentaje de este elemento en cualquier instante de tiempo (%C<sub>i</sub>) a partir del conteni-

do inicial del mismo, de la recarburación tardía, del número de cucharas extraídas y del tiempo transcurrido (en minutos), como se aprecia en la ecuación 5, donde los parámetros “Kx” se corresponden con los coeficientes de ajuste y “Z” depende de si existe una recarburación tardía o no. El grado de acuerdo entre los resultados de esta expresión y los resultados experimentales se muestra en la figura 4.

$$\%C_i = K_1 \cdot Z \cdot \%C \text{ Inicio} + K_2 \cdot \text{N}^\circ \text{ cuchara extraída} \cdot \text{tiempo (min)} + K_3 \quad [5]$$

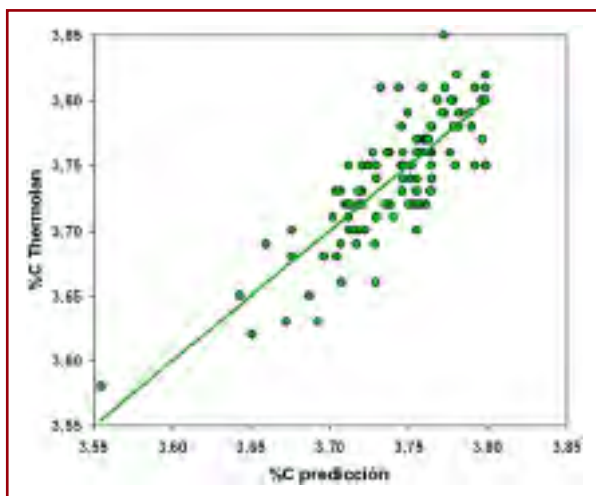


Figura 4. Relación carbono obtenido por predicción y proporcionado por el Thermolan®.

La pérdida de carbono en la cuchara de trasvase/colada puede considerarse aproximadamente 0.03% para los tiempos de permanencia utilizados en el presente estudio (~15 minutos). En condiciones normales de producción este tiempo no puede ser mayor debido a la limitación que ocasiona la pérdida de temperatura y que afecta a la colabilidad de las piezas.

El análisis del contenido de carbono en la unidad de colada (u.c.) correspondiente al horno de mantenimiento, al comienzo y al final del vertido de una cuchara, permite obtener una ecuación de predicción (ecuación 6) del porcentaje de este elemento en función del contenido inicial y del tiempo de permanencia (en minutos). Los parámetros  $K_x$  se corresponden con los coeficientes de ajuste. El grado de acuerdo entre esta predicción y los datos registrados se muestra en la figura 5.

$$\%C \text{ Final u.c.} = \%C \text{ Inicio u.c.} + K_4 \cdot \text{tiempo (min)} + K_5 \quad [6]$$

Por último, se ha relacionado el carbono existente

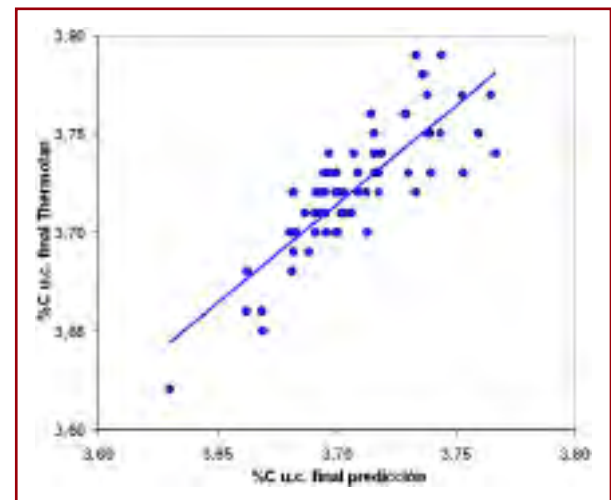


Figura 5. Relación %C obtenido por predicción y proporcionado por el Thermolan® en la unidad de colada.

en la unidad de colada y el obtenido en pieza mediante la ecuación 7, donde igualmente los parámetros  $K_x$  se corresponden con los coeficientes de ajuste. La comparativa entre el carbono calculado por la ecuación y el obtenido por análisis por combustión (Leco) en pieza se muestra en la figura 6.

$$\%C \text{ Pieza} = K_6 \cdot \%C \text{ u.c.} + K_7 \quad [7]$$

La disposición conjunta de todas las ecuaciones calculadas para determinar la pérdida de carbono en cada tramo, permite conocer el porcentaje final tanto en la unidad de colada (figura 7) como en la pieza (figura 8), únicamente conociendo el contenido de carbono en el horno, cometiéndose un error de  $\pm 0.05\%$ .

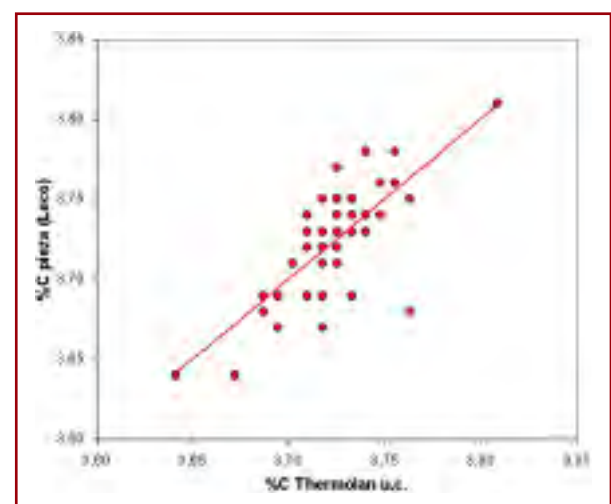


Figura 6. Relación %C en la unidad de colada (Thermolan®) y el obtenido en pieza (Leco).

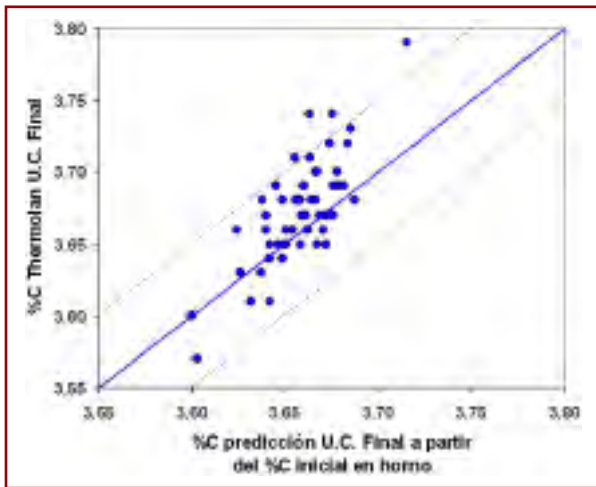


Figura 7. Relación predicción %C en la unidad de colada a partir del porcentaje de carbono inicial en el horno y el proporcionado por el Thermolan® en la unidad de colada.

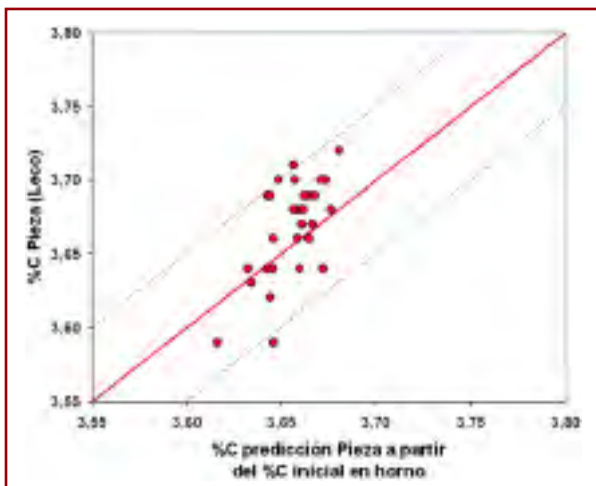


Figura 8. Relación predicción %C en pieza a partir del porcentaje de carbono inicial en el horno y el porcentaje de carbono obtenido en pieza.

## Conclusiones

- El proceso de decarburación puede asociarse a la combinación de este elemento con el oxígeno libre presente en el hierro líquido. Se forma monóxido de carbono (CO) que pasa a la atmósfera.
- La pérdida de carbono en el horno depende del tiempo de permanencia y de la cantidad de metal remanente en el horno. Cuanto más vacío se encuentra, más aumenta la interfase metal-atmósfera, siendo mayor la pérdida cuanto mayor sea este ratio.
- Se han observado casos en los que el porcentaje del carbono aumenta al comienzo del vaciado del hor-

no. Este hecho puede asociarse a recarburaciones o absorciones tardías del recarburante, las cuales se favorecen por la agitación de metal existente.

- Se pierde carbono en cada uno de los trasvases existentes (horno-cuchara de trasvase, cuchara de trasvase-unidad de colada y colada de los moldes) y en la unidad de colada. En este último caso, la pérdida de este elemento también es función del tiempo.
- Se ha conseguido obtener una ecuación que permite determinar el porcentaje de carbono en cada etapa del proceso en función de la concentración inicial, del número de cucharas extraídas, del tiempo y de la recarburación de ajuste realizada. Este hecho permite disminuir los controles de este elemento y disponer de la posibilidad de actuar y optimizar la cantidad de carbono en tiempo real.
- Este correcto control del carbono permite minimizar al máximo tanto la fabricación de discos que no cumplan con la especificación y por tanto disminuir el rechazo, como la necesidad de adiciones de elementos de aleación con la finalidad de obtener las características mecánicas deseadas.
- El conocimiento del carbono final en pieza con un error menor del 0.05% se ajusta al error cometido por el sistema de medida (estipulado en aproximadamente un 0.05% para las técnicas de análisis térmico y análisis por combustión).

## Referencias

- [1] G. O. Oluwadare, P. O. Atanda, "Effect of processing parameters on the microstructures and properties of automobile brake drum". Journal of applied sciences 7 (17): 2468-2473, 2007.
- [2] M. C. Rukadikar, G. P. Reddy, "Influence of chemical composition and microstructure on thermal conductivity of alloyed pearlitic flake graphite cast irons. Journal of materials science, 21, 4403-4410, 1986.
- [3] W. L. Guessser, I. Masiero, E. Melleras, C. S. Cabezas, "Thermal conductivity of gray iron and compacted graphite iron used for cylinder heads". Revista Materia, v. 10, n. 2, pp. 265-272, June 2005.
- [4] L. Álvarez, C. J. Luis, I. Puertas, "Analysis of the influence of chemical composition on the mechanical and metallurgical properties of engine cylinder blocks in grey cast iron". Journal of materials processing technology, vol. 153-154, pp. 1039-1044, 2004.
- [5] D. E. Krause, "Gray iron. A unique engineering material". Gray, ductile and malleable iron castings current capabilities, ASTM STP 455. American Society for testing and materials, Philadelphia, 1969, pp. 3-28.
- [6] Metals handbook, ASM, 2nd, Desd ed., 1998.
- [7] J. Müller, D. Schock, G. Wolf, Giessereiforschung, 52, n. 3, pp. 77-94, 2000.

# Mis micrografías

Por Robert Voigt



Esta sección pretende publicar aquellas micrografías que a lo largo de nuestra vida profesional nos han parecido más interesantes o curiosas. No pretenden ser ninguna novedad técnica o científica y por ello pocas explicaciones acompañarán las fotos.

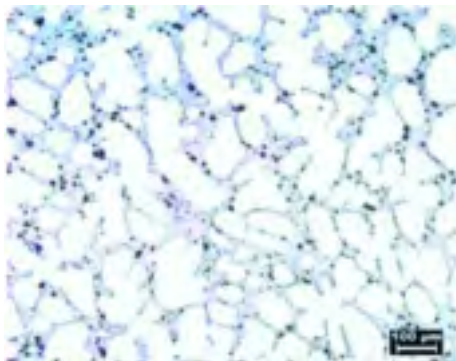
Como muchos fundidores e investigadores también han efectuado micros tanto o más interesantes, desde aquí les invitamos a que nos las envíen y las publicaremos con el nombre y foto del autor o autores.

Mi buen amigo Bob Voigt, profesor de la Universidad de Pensilvania, nos demostró en el Carl Loper Cast Iron Symposium que tuvo lugar en mayo en

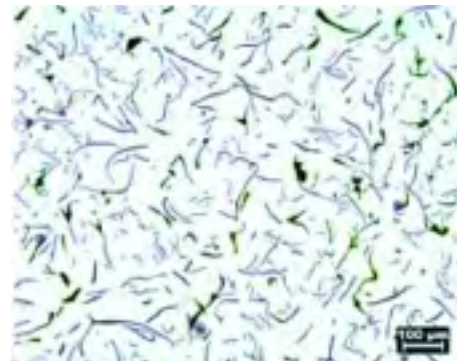
Madison (EE.UU.) que la aplicación de ultrasonidos mejora la estructura de la fundición gris.

Jordi Tartera

## SIN INOCULAR

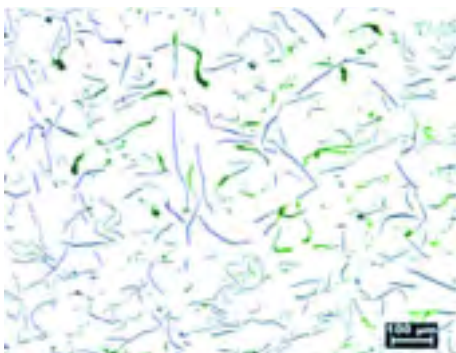


Sin ultrasonidos.

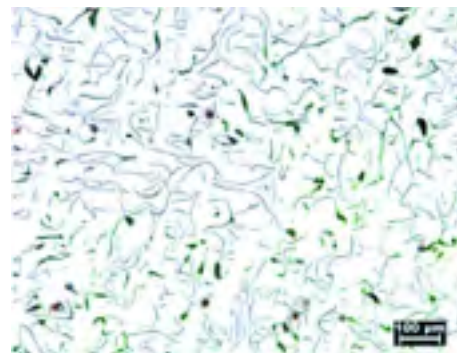


Con ultrasonidos.

## INOCULADO



Sin ultrasonidos.



Con ultrasonidos.

# Inventario de Fundición



Por Jordi Tartera

*Siguiendo el camino emprendido en la revista Fundición y continuado en Fundidores, vuelvo a ofrecer 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.*

## ALUMINIO

**Aleaciones Al-Si hipereutécticas. Consideraciones prácticas de fundición**

Jorstad, J. y D. Apelian. En inglés. 21 pág.

Desde que en los 70 Porsche y Mercedes apostaron por los bloques motor en aleaciones de aluminio con 17% Si, 4,5% Cu y 0,5%Mg su aplicación ha ido creciendo para aplicaciones de piezas sometidas a desgaste. En este extenso artículo se revisa la metalurgia de estas aleaciones y se dan las pautas para su empleo. En una aleación hipereutéctica la fase aleante, el Si en este caso, solidifica en primer lugar con la posibilidad de formar partículas de excesivo tamaño que son indeseables. En realidad, debiéramos considerar a este tipo de aleaciones como composites de matriz metálica dada la presencia de las partículas de Si pre-eutéctico en la matriz. Los puntos críticos son el control de la microestructura y el elevado calor latente de fusión. La adición de P para afinar el grano del Si primario y el estricto control de temperaturas del caldo para evitar su crecimiento son fundamentales. En moldeo por inyección la elevada velocidad de llenado minimiza el crecimiento del Si. También el mayor enfriamiento en la inyección es beneficioso si bien la temperatura de los moldes ha de estar perfectamente controlada. Los procesos semisólidos presentan notables ventajas para obtener piezas con este tipo de aleaciones. Sin embargo, el más económico, el rheocasting, requiere una puesta a punto rigurosa. Una solución es mezclar un Al7Si con un 50% de sólidos con un Al25Si en estado líquido. Como es tradicional en la revista, hay una revisión técnica y discusión con los revisores muy ilustrativa que ocupa dos páginas adicionales.

*International Journal of Metalcasting 3 (2009) n° 3 p. 13-33*

## MOLDEO

**Baja friabilidad: Una razón para la tecnología del llenado de moldes por aireación**

Paudel. A.M., S.N. Ramrattan, P. Ari-Gur, H. Makino y M. Hirata. En inglés. 14 pág.

Los viejos moldeadores sabían que aireando la arena no había desportillado del molde, es decir, no era friable. En este trabajo de la universidad de Michigan y Sintokogio se ha dado la explicación científica a la apreciación del viejo fundidor pero se ha ido más allá empleando sofisticados equipos de difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (MEB) y un microtribómetro universal (UMT) para determinar la fuerza de aglomeración de la arcilla. La comparación entre el llenado del molde por gravedad, por alta presión y por aireación, tanto de arena silíceas como de olivino o cromita ha permitido confirmar las ventajas de la aireación. Por DRX se ha visto que las partículas de arcilla se distribuyen isotrópicamente en la arena cuando se emplea la aireación y son direccionales en alta presión. Eso significa una unión entre los granos más consistente. El MEB lo ratifica al mostrar un mejor recubrimiento del grano en el caso de la aireación que en los otros casos. El ensayo de abrasión (UMT) confirma que la aireación aumenta la resistencia de las uniones arena-arcilla con valores más consistentes. Se ha comprobado que ni el tipo de arena ni la forma redonda o angular de la misma tienen una influencia decisiva. Según el ensayo AFS de friabilidad, una arena es inadecuada cuanto la friabilidad está por encima del 10%. En el llenado por gravedad este valor es superior al 15%, en alta presión va del 1 al 14% y por aireación es inferior al 8%.

*AFS Transactions 117 (2009) p. 381-94*



EMPRESA	Aglomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desmenado	Desmoldeadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gases	Granalla	Granalladoras	Hornos de...	Lavadoras	Lingotes	Lubricantes	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición inyectada	Productos químicos	Quemadores	Radioescopia	Refractarios	Reguladores de temperatura	Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros					
ABB, S.A. Robotics Division																																						
ABELLO LINDE, S.A.			◆						◆													◆					◆								Equipos de chorreado con hielo seco para limpiezas industriales.			
ABRASINTER, S.L.																			◆															Equipos de chorreado, abrasivos en grano para tratamiento de superficies.				
ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.																																		Equipos de chorreado para la limpieza de moldes.				
ADER, S.C.C.L.				◆										100 a 1.000 kg.																								
AEM, Anónima de Electrónica y Maquinaria														Inducción																								
AFC - HOLCROFT																																						
AFORA, S.A.				◆										Mufla. Hornos tubulares																								
AIR CONTROL INDUSTRIAL, S.L.																																			Cilindros neumáticos e hidráulicos. Válvulas neum. + hidr. Amortiguadores de impacto, motores neumáticos, bombas y compresores, cilindros flexibles, enchufes y acoplamientos neumáticos e hidráulicos.			
AIRJET, S.A.																																			Estudio del proceso. Ingeniería.			
AL AIR LIQUIDE																																						
ALBOEX, S.L.																																						
ALUMINSA Aluminio Sala																																						
ALVALAI, S.L.																																						
AMPERE SYSTEM IBÉRICA																																						
AMR REFRACTARIOS, S.A.																																						
ANÁLISIS Y SIMULACIÓN, S.L.																																						
ANISOL EQUIPOS, S.L.																																						
ASTURIANA DE ZINC, S.A.																																						
AURRENAK, S.COOP.																																						
AUTODESK, S.A.																																						
BARROMEX ESPAÑA, S.A.																																						
BAUTERMIC, S.A.																																						



EMPRESA	Aglomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desarenado	Desmoldeadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de machera	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gases	Granalla	Granalladoras	Hornos de...	Lavadoras	Lingotes	Lubricantes	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición	Productos para fundición inyectada	Productos químicos	Quemadores	Radioscopia	Refractarios	Reguladores de temperatura	Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros			
CONDAT																◆																						
CONIEX, S.A.			◆	◆		◆					◆	◆	◆	◆	Secado		◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	Hornos de fundición, secadoras, tratamiento integral de virutas.	
CONTROL Y REGULACIÓN TÉRMICA, S.L.			◆																							◆										Sondas de temperatura, resistencias eléctricas, hilos para fab. de resistencias, cables de alta temperatura níquel y fibra de vidrio, silicona, cable para termopares.		
CRC INDUSTRIES IBERIA SLV																		◆																		Impresoras 3D de Objet.		
CREACIÓN 3D Tecnología Tridimensional Aplicada			◆																																	Impresoras 3D de Objet.		
GRN TECNOPART, S.A.			◆																								◆									Boquillas calefactadas. Resistencias calefactoras.		
CTI SOFT																														◆					Software gestión integral para fundiciones. S Spyro.			
DAGA, S.L.			◆																																	Software gestión integral para fundiciones. S Spyro.		
DEGUISA, S.A.																				◆																Aceites de temple, aceites térmicos.		
DILUBE, S.A.																																				Aceites de temple, aceites térmicos.		
DITREX																																					Aceites de temple, aceites térmicos.	
DONALDSON IBÉRICA, S.L. SOLUCIONES EN FILTRACIÓN											◆																										Filtros de mangas y cartuchos. Instalaciones llave en mano para captación de polvo, humos y neblinas de aceite.	
DUGOPA, S.A.			◆																																		Hornos de reverbero, hornos de tratamiento térmico, reparación de hornos y accesorios para la fundición.	
ECLIPSE COMBUSTIÓN, S.A.																																					Gestión de residuos, regeneración arenas usadas de moldeo en verde.	
ECOFOND, S.A.			◆																																		Gestión de residuos, regeneración arenas usadas de moldeo en verde.	
EIL-FOUNDRY MACHINES																																						Gestión de residuos, regeneración arenas usadas de moldeo en verde.
EKW REFRACTARIOS			◆																																			Servicio de aplicación, mantenimiento, asesoramiento en revestimiento refractario.
ELKEM IBERIA, S.L.																																					FeSi y aleaciones.	
ENERGON, S.L.																																				Resistencias.		
ENTESIS TECHNOLOGY, S.L.			◆																																			
EQUIPAMIENTOS KUTTNER, S.A.			◆																																			

EMPRESA	Aglomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desarenado	Desmoldeadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de machera	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gases	Gralla	Granalladoras					
Hornos de...	Cubillo																		
Lavadoras	Lingotes	Lubricantes	Máquinas de colada	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición	Productos químicos	Quemadores	Radioscopia	Refractarios	Reguladores de temperatura							
Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros													
Equipos Medioambientales y Productivos, S.L. (EMEPRO)								◆				◆			Equipos de aspiración y filtración de humos, polvos, gases, vapores y neblinas.				
EQIREPSA															Empresa de ingeniería especializada en tecnología de vacío (eyectores, bombas, sistemas de vacío) y procesos térmicos (intercambiadores de calor).				
ESI GROUP HISPANIA, S.L.																			
ESTA EXTRACCION, S.L.								◆											
EURO EQUIP, S.A.			◆					◆											
EUSKATFUND, S.L.	◆							◆							Ferroleaciones. Pinturas, pegamentos.				
EVOLUT								◆							Automatización de procesos de rebabado, perforado de moldes, manipulación inserción de machos, asistencia con robot de colada a gravedad.				
EWT, S.L.				◆											Hornos de inducción. Revestimiento para hornos de inducción, papel de mica.				
EXTRUDE HONE SPAIN															Rebabado por choque térmico, rebabado electroquímico. Maquinaria y Subcontrata de servicios.				
FANUC ROBOTICS IBÉRICA, S.L.															Sistemas de visión, posicionadores, sensores de fuerza.				
FARO Europe			◆												Máquinas de medición tridimensional y brazos de medición.				
FELEMAMG															Separadores magnéticos. Electroimanes de elevación.				
FISA IBÉRICA															Limpieza de moldes y cajas de machos por ultrasonidos.				
FISHER SCIENTIFIC AFORA			◆												Transporte neumático, aspiración por vacío. Ventilación.				
FIVEMASA, S.A.																			
FLAXMER, S.A.																			
FLEISCHMANN IBÉRICA, S.A.																			
F. LLIMAZON S.P.A.															Pinturas refractarias. Auxiliares para fundición. Colas, desmoldeantes, cordón.				
FLUIDTECNIC, S.A.															Captación y filtración de polvo.				
FLUKE IBÉRICA																			
FOSECO ESPAÑOLA	◆														Pinturas refractarias, manguitos (aislantes, exotérmicos libre formación, insertables, y minimizarotas), inoculantes, nodulizantes, consumibles fundición no férrea, desgaseificadores fundición no férrea y colas, cordones, sellantes, separadores, ...				

EMPRESA	Aglomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desarrollado	Desmoldadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de machera	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gases	Granalla	Granalladoras	Hornos de...	Lavadoras	Lingotes	Lubricantes	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición	Productos para fundición inyectada	Productos químicos	Quemadores	Radioescopia	Refractarios	Reguladores de temperatura	Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros		
FOUNDEQUIP Srl				◆		◆	◆	◆	◆						Rotativos de Oxidación				◆																Equipos de preparación de arena. Mezcladoras. Dispositivos automáticos de colada. Control automático de arena de fundición.		
FOUNDRY SERVICE		◆													Fusión, mantenimiento y colada								◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	Por inducción hornos de segunda mano, instalación, traslado, reforma, modificación, cucharas nuevas, reforma, adecuación a normas, bobinas, arreglos.	
FRECH ESPAÑA																			◆															Equipos de limpieza criogénica.			
FRIZONIA REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN																																					
GD APARATOS Y ACCESORIOS PARA GAS, S.L.			◆								◆												◆														
GE INSPECTION TECHNOLOGIES			◆																																Sistemas de Fluoroscopia, Tomografía 3D, Equipos de Rayos X, Ultrasonidos, Medidores de Espesor y velocidad. Durómetros.		
GRANALLATECNIC, S.L.										◆	◆	◆	◆	◆																							
GRAO - LAN 46, S.L.																			◆																	Inoculantes cristalinos, inoculantes para molde para hierro gris y nodular. Recarburantes cristalinos.	
GRUPO TTT																						◆															
HELMUT ROEGELE, S.A.									◆																											Inyección y extrusión de plásticos y caucho. Moldes, Termoconformado para plásticos. Alimentadores, molinos y refrigeradores.	
HENKEL (ACHESON)																			◆				◆														
HERMANN-OTTO SUDEROW, S.L.		◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆					◆					◆				◆														
HEXAGON METROLOGY, S.A.			◆																																	Máquinas de medición tridimensional y brazos de medición.	
HIRUMET, S.L.										◆										◆																Chatarra.	
HORIBA JOBIN YVON									◆	◆																											
HORNOS ELÉCTRICOS ALFERIEFF, S.L.															Fusión y tratamiento térmico																						
HORNOS IND. PUJOL														◆																							
HORNOS TP, S.L.			◆			◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆	Fusión de aluminio, zamak																						
HORNOS Y METALES, S.A.		◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆	Fusión y mantenimiento								◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆		

EMPRESA	Aglomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desarenado	Desmoldadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de machera	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gas	Gralla	Gralladoras	Hornos de...	Lavadoras	Lingotes	Lubricantes	Máquinas de colada	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición	Productos para fundición inyectada	Productos químicos	Quemadores	Radioescopia	Refractarios	Reguladores de temperatura	Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros			
HOUGHTON IBÉRICA											◆							◆						◆											Productos para Presofusión.				
IBERFLUID INSTRUMENTS			◆								◆																	◆							Equipos de Instrumentación y control de procesos.				
IBERIA ASHLAND CHEMICAL, S.A.	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆								◆						◆										Manguitos, filtros, pinturas refractarias.					
IBERICA DE CRISOLES, S.A.	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆					Fusión. Mantenimiento. Reverbero									◆															
IDAGLAS, SAINT GOBAIN IDAPLAC, S.L.	◆																																		Fibra de vidrio. Lana de roca, fibra cerámica, silicato cálcico, paneles microporosos, tejidos térmicos y acústicos.				
IDASA			◆																																				
ILARDUYA PRODUCTOS DE FUNDICIÓN	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆										◆															
IMF DIECASTING																								◆															
IMPOL IMPREGNACIONES DE METALES, S.A.																																							
INALI																																							
INDUCTO CAST SERVICIOS, S.L.																																							
INDUSTRIAL QUÍMICA DEL NALÓN, S.A.																																							
INDUSTRIAL QUÍMICA METALÚRGICA, S.L.	◆																																						
INDUSTRIAS ELÉCTRICAS SOLER, S.A.																																							
INFAIMON, S.L.			◆																																				
INSER ROBÓTICA																																							
INSERTEC - Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.															Fusión y tratamiento térmico																								
INSPECTOMATION GMBH			◆																																				
INSTRUMENTOS TESTO, S.A.			◆																																				
INTERBIL	◆		◆												Fusión y tratamiento térmico																								
INTERNACIONAL ALONSO S.L.																																							

EMPRESA	Alomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desarenado	Desmoldadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de machera	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gasalla	Granalladoras	Hornos de...	Lavadoras	Lingotes	Lubrificantes	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición	Productos químicos	Quemadores	Radioescopia	Refractarios	Reguladores de temperatura	Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros			
INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN, S.L.		◆									◆							◆														Grupos de presión y sistemas de trasiego para combustibles líquidos. Filtros de hidrocarburos. Medidores e interruptores de nivel para depósitos. Detección de gas. Electroválvulas para gases.				
ITALPRESSE																		◆														Maquinaria Industrial para talleres de estructura metálica y almacenes de Hierro.				
I.P. INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN, S.L.												◆							◆													Recuperadores de calor.				
JMG MAQUINARIA																		◆														Resistencias para hornos de mantenimiento.				
KALFRISA																																Discos de corte y desbaste. Discos de limpieza.				
KANTHAL																																				
KLINGSPOR ABRASIVOS, S.A.																																				
KOBOLD MESURA, SIU																																				
KOSMON, S.A.																																				
KRAFFT, S.L.																																				
KROMSCHROEDER																																				
KROWN, S.A.																																				
LAND INSTRUMENTS INT.																																				
LANA SARRATE, S.A.																																				
LARAUDOGOITIA MAQUINARIA Y ROBÓTICA																																				
LAVIOSA PROMASA																																				
LAYFIL, S.L.																																				
LECO INSTRUMENTOS																																				
LENARD BCN, S.L.																																				
LORAMENDI																																				





EMPRESA	Alomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desarenado	Desmoldadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de machera	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gases	Granalla	Granalladoras	Hornos de...	Lavadoras	Lingotes	Lubricantes	Máquinas de colada	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición	Productos químicos	Quemadores	Radioescopia	Refractarios	Reguladores de temperatura	Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros			
NABERTHERM IBÉRICA, S.L.															Fundición, temple, revenido, estufas																				Hornos de baño salino, hornos de cuba, hornos de vacío, hornos para MIM/CIM; muflas de laboratorio.			
NEDERMAN IBÉRICA, S.A.																																			Soluciones para la extracción localizada de gases, humos y polvos tóxicos y nocivos en la industria.			
OLIPES, S.L.																																						
ONDARLAN, S.L.															Inducción																							
OTTO JUNKER Group															Inducción y de gas para fusión y tratamiento																							
PAULINO SORARRAIN, S.A.																																				Embalajes.		
PEREZ CAMPS																																				Máquinas de grabado y corte a láser y fresa.		
PFERD-Ruggeberg, S.A.																																				Abrasivos: rígidos y flexibles (discos de corte, debaste, diamante y láminas, limas, fresas, muelas, lijas, afinado y pulido, máquinas eléctricas, neumáticas y de eje flexible.		
PILZ INDUSTRIELEKTRONIK, S.L.																																				Componentes de seguridad.		
PIROVAT SISTEMAS, S.L.																																						
PLASTOQUÍMICA, S.L.																																					Aspiraciones varias en diferentes puntos de una fundición, tales como mesas de rebarbado de piezas, máquinas granalladoras. Lavado de gases en disparadoras de macho. Instalaciones de lavado de gases.	
POLGRAF, S.A.																																				Grafito, coque, antracita.		
POMETON ESPAÑA, SAU																																					Abrasivos.	
PRAXAIR ESPAÑA, S.L.															Rotativos con quemador oxigás																						Equipos de control e instalación de gases industriales.	
PRENSAS Y TRANSFORMACIONES, S.A.																																						
PROCON, S.L.															Laboratorio y grafito																							
PRODUCTOS DELTA																																						
PROFUSA																																						Coque.
PROMAT IBÉRICA, S.A.																																					Protección pasiva contra incendios, altas temperaturas.	
PROTECK - Combustión																																					Ajustes y análisis de combustión. Mantenimiento de equipos de combustión. Instalaciones de gas.	

EMPRESA	Agglomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desarrollo	Desmoldadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de machera	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gases	Gralla	Gralladoras	Hornos de...	Lavadoras	Lingotes	Lubricantes	Máquinas de colada	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición	Productos para fundición inyectada	Productos químicos	Quemadores	Radioescopia	Refractarios	Reguladores de temperatura	Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros			
PROYECTOS DE MACHERÍA, S.L.								◆																												Desarrollo y personalización de software. Consultoría - Asesoría de simulación.			
QUANTECH A.T.Z., S.A.																																							
RECOPRÉS																																							
REFRACTARIOS ESPECIALES CASTEL, S.A.		◆	◆	◆	◆	◆	◆			◆					Gas, gasoil, a crisol		◆										◆												
REFRACTARIOS SALA, S.A.																																							
REFRACTARIOS TEIDE, S.A.																																							
REMÓN MODELISTAS, S.L.																																							
REPRESENTACIONES EUROMAHER, S.L.																◆ Gas e inducción	◆																				Centros robotizados de rebabado, pulido y esmerilado. Suministros de recambios. Asistencia técnica. Formación. Sistemas de verificado 3D contra CAD, para calidad moldes y piezas acabadas.		
RIBINERF, S.L.																																							
ROLLED ALLOYS																																					Suministro de aceros refractarios destinados a industria de tratamientos térmicos. Fabricantes de hornos industriales y empresas con procesos térmicos. Chapas, piezas cortadas a medida, barras, tubos.		
RÖSLER INTERNATIONAL																																							
SAFIC-ALCAN ESPECIALIDADES SAU																																						Gel-Coats, pastas de estratificar bloques y planchas mecanizables, espumas de Pu, siliconas, cargas, tejido de vidrio.	
SAGA ACEROS ESPECIALES																																						Aceros para moldes de inyección en caliente de metales ligeros, aluminio, zamak, etc.	
SAGUESA																																							
SAINT-GOBAIN ABRASIVOS, S.A.																																							
SAINT-GOBAIN CERÁMICAS INDUSTRIALES																																							Productos abrasivos en general. Granallas exclusivamente cerámicas.
SALVIO BUSQUETS, S.A.																																							
SCHULER IBÉRICA																																							
SEFATEC ENGINEERING, S.L.																																							
SEREETRON INFRARED, S.L.																																							
SGL GELTER, S.A.																																							

EMPRESA	Alomerantes	Arenas	Control y medición	Crisoles	Desarenado	Desmoldadoras	Equipos de carga de hornos	Equipos de machera	Equipos de moldeo	Espectrómetros	Filtración	Gases	Granalla	Granalladoras	Hornos de...	Lavadoras	Lingotes	Lubricantes	Máquinas de colada	Máquinas para fundición inyectada	Materias primas	Modelos	Moldes para fundición	Productos para fundición inyectada	Productos químicos	Quemadores	Radioescopia	Refractarios	Reguladores de temperatura	Resinas	Robots	Software control hornos	Software simulación	Transporte de metales	Vibradores	Otros			
SIDER PROGETTI, S.L.					◆	◆	◆	◆	◆		◆				Gas. Rotativos																					Transportes, Neumáticos. Recuperación de arena.			
SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL, S.L.			◆																																		Servicio de soldadura para moldes, matrices y piezas mecánicas especiales.		
SOLDAMOL																																				Acceso remoto vía IP, Extensores, Gestión de alimentación y consolas de control.			
SOLUCIONES TECNOLÓGICAS INTEGRADAS, S.L.																																				Tratamiento aguas. Equipos de limpieza de cajas de machos. Equipos.			
SPECTRO HISPANIA, S.L.							◆																													Conectores rápidos para todo tipo de fluidos, conectores eléctricos (MC), placas multiconexión, sistemas de cambio rápido de molde. Departamentos de robótica y textil.			
SPL, S.L.																	◆																			Equipos para recubrimientos.			
STAUBLI ESPAÑOLA, S.A.																																				Módulos de comunicación de datos y alarmas vía ethernet GPRS, módem. Prómetros ópticos para medición de piezas, procesos de temperatura de acero, forja, fundición. Equipos datalogger para captura de datos en tiempo real con alta capacidad de muestreo y memorización de temperatura, señales analógicas-digitales. Comunicaciones Profibus.			
SULZER METCO EUROPE																																							
SUMELCO																																							
SUMITOMO BAKELITE EUROPE																																							
TALLER DE MODELOS Y TROQUELES																																							
TALLERES ALJU																																							
TALLERES FABIO MURGA, S.A.																																							
TALLERES MEBUSA, S.A.L.																																							
TALLERES NOCU																																							
TALLERES PLENCIA, S.L.																																							
TARNOS, S.A.																																							
TECNISER																																							
THERMAL CERAMICS ESPAÑA, S.L.																																							



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

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

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

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

Manuel A. Martínez Baena  
José M<sup>o</sup> Palacios Repáraz

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

**30 euros**

El precio incluye IVA, gastos de envío aparte.

Índice general

VOLUMEN 1  
Principios del Tratamiento Térmico de los Aceros

# TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS MATERIALES METÁLICOS

## ACEROS Y OTRAS ALEACIONES SUSCEPTIBLES DE TRATAMIENTO TÉRMICO

### VOLUMEN 1 Principios del Tratamiento Térmico de los Aceros

Por Manuel Antonio Martínez Baena  
y José María Palacios Repáraz

Presentación .....	7	Factores que influyen en el temple .....	81	Aumento de volumen .....	156
Prólogo .....	9	Frigilidad de coque .....	82	Otras formas de nitación .....	157
PARTE I. INTRODUCCIÓN A LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS ..	17	Reversión de la martensita .....	88	Nitración iónica .....	158
I. Conceptos fundamentales .....	19	Dureza secundaria .....	90	Sulfocarbonitración .....	160
Introducción .....	19	Rendimiento .....	41	Nitrocarburo .....	164
Estados alotrópicos del hierro y puros críticos .....	19	III. Tratamientos isotérmicos de los aceros .....	93	Quintocarbonitración .....	169
Cambios de hierro. Cementita .....	22	Introducción .....	93	Recubrimientos superficiales mediante deposición de capas delgadas .....	172
Diagrama hierro-carbono .....	23	Aus tempering. Temple isométrico .....	95	VI. Carbonitración .....	175
Diagrama de transformación isométrica de la austenita. Diagramas TTT .....	30	Mar tempering. Temple de frío martensítico .....	98	Introducción .....	175
Diagrama de transformación en enfriamiento continuo. Diagramas TEC .....	38	Reversión isométrica .....	100	Características del proceso de carbonitración .....	177
Templabilidad .....	39	Temple .....	100	Amorfas carbonitradas empiladas .....	178
Ensayo de templabilidad Jominy .....	42	Tratamiento subcrítico .....	102	Temperatura de carbonitración .....	178
Bandas de templabilidad .....	44	Tratamiento criogénico .....	104	Características y naturaleza de las capas carbonitradas .....	179
PARTE 2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES .....	49	PARTE 3. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES .....	105	Tratamientos térmicos alifados .....	180
II. Tratamientos térmicos básicos de los aceros .....	51	IV. Cementación .....	113	Durezas superficiales aluminadas .....	180
Introducción .....	51	Introducción .....	113	Ciclos tipo de carbonitración .....	182
Ciclos de tratamiento térmico .....	51	Mecanismos de la cementación .....	114	Ventajas e inconvenientes de la carbonitración con respecto a la cementación .....	182
Calentamiento .....	51	Factores que intervienen en la cementación .....	116	Austenita retentida en la superficie de las piezas carbonitradas .....	183
Tiempo a la temperatura de tratamiento .....	53	Composición química del acero .....	117	Aceros que normalmente se utilizan en la fabricación de piezas que después .....	185
Isotermia .....	53	Potencial de carbono .....	117	tegen que sufrirá el tratamiento de carbonitración .....	185
Tratamientos térmicos isotérmicos más utilizados .....	57	Temperatura de cementación .....	118	VII. Temple superficial .....	187
Normalizado .....	56	Tiempo de cementación. Formación de capa .....	118	Introducción .....	187
Recoque .....	57	Clasificación de los procesos de cementación .....	123	Características de la capa superficial endurecida .....	188
Recoque de regeneración .....	58	Cementación sólida. Cementación en caja .....	123	Temple a la llama. Flameado .....	190
Recoque global .....	59	Cementación gaseosa .....	125	Temple por inducción .....	193
Recoque selectivo .....	61	Cementación líquida .....	129	Temple superficial por rayos láser .....	198
Temple .....	64	Mecanismos y tratamientos isotérmicos de las piezas cementadas .....	133	Cabida de los aceros para temple superficial .....	200
Calentamiento .....	65	Otros tipos de cementación: (1) Cementación a baja presión, .....	138	Consideraciones finales .....	203
Mixtura a temperatura de cementación .....	65	(2) Cementación líquida; (3) Cementación a alta temperatura .....	138	Bibliografía .....	205
Enfriamiento .....	66	V. Nitración .....	143		
Factores que influyen en la práctica del temple .....	66	Introducción .....	143		
Etapas del vapor .....	71	Principios generales comunes a los diferentes procesos de nitración .....	144		
Etapas de ebullición .....	73	Capa de combinación a capa blanca .....	145		
Etapas de condensación .....	74	Zona de dilatación .....	148		
Clases de temple .....	76	Nitración gaseosa .....	151		
Reversión .....	80	Nitración líquida o nitración en sales .....	153		

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

**Se Vende Máquina  
de colado en vacío  
MCP 4/01 de 2ª mano  
junto con  
Estufa  
VGO 200**



Contacto:  
[mabar@mabar.es](mailto:mabar@mabar.es)

**DIMENSIONES EXTERNAS:**

Alto 799, largo 1.034, ancho 745 mm.

**ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA:**

220 V- 50 Hz – Monofásica

**CAPACIDAD DE CALEFACCIÓN:**

1,95 kW

**REGULACIÓN DE TEMPERATURA:**

hasta 300 °C

**SE VENDE HORNO DE FOSA  
"NUEVO A ESTRENAR"**

**Características:**

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

**Teléfono de Contacto: 650 714 800**

**EMPLEO**

Joven de 32 años de Hondarribia (GUIPÚZCOA) con experiencia en ventas, busca trabajo de COMERCIAL en el País Vasco, en el sector metalúrgico.

Disponibilidad total para viajar.

Interesados contactar:

[benarrochjr@hotmail.com](mailto:benarrochjr@hotmail.com)

**Empresa metalúrgica Valenciana,**

desearía una instalación a ser posible de 2ª mano, para el T.T. hasta los 1.080 °C de piezas planas, preferentemente hornos de pote para temple y revenido, con posibilidad de incorporar una atmósfera protectora.

Interesados pueden contactar al tfn.  
**649 174 480 (Gabriel)**

**SE BUSCA**  
**SIFCO APPLIED SURFACE**  
**CONCEPTS,**  
líder mundial del metalizado electroquímico con brocha, busca un distribuidor en España de nuestros métodos de electrolizado selectivo. Pueden Vds. tomar contacto con nosotros:  
E-mail: [sifcoasc@sifcoasc.fr](mailto:sifcoasc@sifcoasc.fr)

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

TEL: 93 205 0012

MAIL: [info@puncernau.net](mailto:info@puncernau.net)

**SE BUSCA**

**Arena Negra para Moldear Aluminio.**  
**Arena fina que parece arena de Mar, añaden alguna sustancia química que la hace negra y cuando la secas se queda dura.**

Móvil: 660 747 427

[canterera@gmail.com](mailto:canterera@gmail.com)

visite nuestra web  
[www.ceramifrac.es](http://www.ceramifrac.es)



**Tubos y rodillos cerámicos**

Avda. José Antonio Lomba, Carretera, km. 36780 - La Guara (Ponferrada) IP: 988 61 45 44 Fax: 988 60 93 06 [ventas@ceramifrac.es](mailto:ventas@ceramifrac.es)



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.

**Periodista experta en comunicación corporativa y gabinetes de prensa, especializada en I+D y materiales, en las áreas de Fundición, Energía y Medio Ambiente, Salud, automoción y aeroespacial, se ofrece para colaborar en modalidad freelance o contrato.**

**Tel. 696 165 388 ([mcjuncal@yahoo.es](mailto:mcjuncal@yahoo.es))**



**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 - 1ª B - 28220 Majadahonda (Madrid)  
Tel: +34 91 639 69 11 - Fax: +34 91 639 48 18 - Email: [hornos@alferieff.com](mailto:hornos@alferieff.com)

**BUSCAMOS**

Informático que sepa utilizar un programa ERP, Active Directory, Terminal Server. Conocer la actividad del tratamiento de superficie. Saber administrar un servidor.

Realmente buscamos a una persona capaz de administrar un puesto de distribuidor en Barcelona. Tendrá que viajar a Asia, Valencia, Bilbao y Francia (por lo menos 1 ó 2 veces por mes para concretar su negocio en España).


Remuneración: sueldo + comisión sobre el margen comercial.

Sociedad DATAXIOME – telf.: +33 (0)1 48 18 18 10 - Yann BARILE (+33(0)6 42 53 22 03 – [yann.barile@protectiondesmetaux.com](mailto:yann.barile@protectiondesmetaux.com)) o Charles GREGOIRE (+33(0)6 80 33 30 37 – [charles.gregoire@protectiondesmetaux.com](mailto:charles.gregoire@protectiondesmetaux.com))

**Vendemos fundición completa**

Hornos inducción 600 kg/h.  
Moldeado Pepset.  
Mezcladora, carrusel, recuperadora de arena, desmoldeadora, horno de recocido, espectrómetro, etc.  
Toda o por partes.


**Teléfs.: 949 214 288, 660 324 139 y [vrise@hotmail.com](mailto:vrise@hotmail.com)**



**METALOGRAFICA DE LEVANTE S.A.**  
TRATAMIENTOS TÉRMICOS

**SERVICIO Y CALIDAD**

- Temple en Vacío
- Cementación
- Nitruación, Nipro
- Carbonitración
- 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 Virgen de la Salud  
46100 BUNYOL, Valencia (España)  
Tel: 963.764.00. Fax: 963.764.01. E-mail: [ventas@metalografica.com](mailto:ventas@metalografica.com)  
E-mail: [metalografica@metalografica.com](mailto:metalografica@metalografica.com)




**ESPECTRÓMETROS OES PARA ANÁLISIS DE METALES  
ANALIZADORES ELEMENTALES C/S/N/O/H  
ANALIZADORES PORTÁTILES DE R<sub>x</sub>**

**Bruker Elementales España S.A.**  
Parque Empresarial El Pinar Futuro  
C/ Ballesteros, 1. Edificio Alto-Planta Baja  
28021 Pinar del Rey (Madrid)  
Tel: +34 91 624 4780. E-mail: [info@bruker.es](mailto:info@bruker.es)  
[www.bruker.com](http://www.bruker.com)  
[www.bruker.com/elementales](http://www.bruker.com/elementales)

## 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)



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

Talleres Alju, S.L.  
Ctra. San Vicente, 17  
-48510 Valle de Trápaga  
Vizcaya - España  
Tel. (+34) 944 920 111  
Fax (+34) 944 921 212  
E-mail: [alju@alju.es](mailto:alju@alju.es)

Granalladoras automáticas  
por turbina

Cabinas para chorreado  
mediante abrasivos

Filtros para depuración del aire

Ventilación industrial

Fabricantes con ingeniería  
propia con 50 años de experiencia

Fabricación standard y a medida



**Interbil**

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

Pl. Euzkadi, Ibaeta 1, 48  
E-48150 SION/OZA (Vizcaya)  
Tel. 94 460 50 75  
Fax: 94 450 31 45  
[bilbao@interbil.es](mailto:bilbao@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)

# ASHLAND

**Iberia Ashland Chemical, S. A.**  
**CASTING SOLUTIONS**

### SUMINISTROS COMPLETOS PARA LA FUNDICIÓN

**OFICINAS:**  
Huelga Tomás Ojebán, 4-2º  
-48930 Las Arenas-Gotxo  
(Bizkaia) España  
Tel: 94 480 46 46  
Fax: 94 464 88 61  
e-mail: [isc@ashland.com](mailto:isc@ashland.com)

**FÁBRICA:**  
Bº Brazomar, s/n  
39708 Castro Urdiales  
(Cantabria) España  
Tel: 942 858 100  
Fax: 942 863 777  
e-mail: [isc@ashland.com](mailto:isc@ashland.com)



Discover  
to  
Discover

### Espectrómetros para analizar metales

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

Tel. 94 471 04 01 - Fax 94 471 97 41 - [comercio@spectro.es](mailto:comercio@spectro.es)

SPECTRO (Hugenda), S.L.  
P.A.E. Auzarín, Edificio Ereburri - Nave 3  
48150 ERANDIO (Aizoa) - Vizcaya

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



- AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS.
- ANALIZADORES DE GASES.
- SONDAS DE OXÍGENO PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y COMBUSTIÓN.
- MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURAS EN HORNOS.
- GENERADORES DE NITRÓGENO GASLAB.
- HORNOS: ELTERMA PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y NITREX PARA NITRURACIÓN.

Parque Empresarial Villapark - Av. Quitapesares, 8 nave 8  
- Apartado 46 - 28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)  
Tel.: 916 185 814 - Fax: 916 185 783  
E-mail: [eucon@grupearquicon.com](mailto:eucon@grupearquicon.com) - [www.grupearquicon.com](http://www.grupearquicon.com)

# insertec

## Hornos y Refractarios

Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.

Alda Cervantes, 6 - 48970 Basauri, Vizcaya  
Tel.: 944 409 420 • Fax: 944 496 624  
e-mail: [insertec@insertec.biz](mailto:insertec@insertec.biz) • [www.insertec.biz](http://www.insertec.biz)

**T.M.T.**  
Taller  
de Modelos  
y Troqueles



- Modelos Metálicos.
- Modelos de Resina.
- Cajas de Machos.
- Útiles Manipuladores.
- Prototipados.

Construcción de todo tipo de modelos, cajas de Machos y  
Utilajes para la industria de la fundición.

**“En la carrera por la calidad no hay  
línea de meta”**

San Felices de Buelna (Cantabria)  
Bº La Agüera, 8/N

Tel: 90 34 900 95 16 58 - Fax: 90 34 900 95 16 59  
e-mail: [tmt@madalajoyman.com](mailto:tmt@madalajoyman.com)  
<http://www.madalajoyman.com>





- MAQUINARIA Y ACCESORIOS PARA FUNDICIÓN INYECTADA.
- INYECTORAS CÁMARA CALIENTE Y FRÍA de 13 a 1.600 Ton
- INYECTORAS DE C.C. MULTICORREDERA de 7 a 40 Ton
- HORNOS DE FUSIÓN Y MANTENIMIENTO
- EQUIPOS DE VACÍO
- ATEMPERADORES
- EQUIPOS DE CONTROL
- CÉLULAS ROBOTIZADAS
- ETC.

SOLUCIONES A MEDIDA: La más amplia gama de maquinaria y servicios para mejorar la calidad y productividad.

NUESTRO EQUIPO TÉCNICO Y COMERCIAL ESTÁN A SU DISPOSICIÓN.

Central:

P.J. Riera de Galdes, C/La Forja, s/n nº 2 - 08104 Premi-Sorribes / Plegamans (Barcelona)  
Tel: 93-804 84 88 Fax: 93-804 81 32  
[www.coniex.com](http://www.coniex.com) [conix@conix.com](mailto:conix@conix.com) ([www.coniex.com](http://www.coniex.com))



Cabina 2, 11 N  
20205 Iruñe  
Tel: 943 63 13 28  
Fax: 943 63 13 68  
[info@sefatec.com](mailto:info@sefatec.com)  
[www.sefatec.com](http://www.sefatec.com)

Un referente europeo para el sector de fundición

Soluciones en ingeniería para el sector de fundición:

- Auditorías, Diagnósticos y Planes Directores Industriales
- Planes de Inversiones y Estudios de Factibilidad
- Elaboración de Anteproyectos
- Ejecución de Proyectos
- Especificaciones Técnicas para Comités de Proveedores y Subcontratistas:
  - Fabricantes de equipos
  - Empresas de Obra civil (Fusiones, amalgas, tratamientos de emisiones, etc.)
- Selección de Proveedores y Subcontratistas
- Consultas y Análisis de Ofertas y Pedidos
- Recepción de Equipos e Instalaciones
- Seguimiento de Obra civil
- Dirección del Montaje y Seguimiento de la Puesta en Producción
- Seguimiento del Funcionamiento de las Instalaciones durante el periodo de Garantía

### Espectrómetros OES para Análisis de Metales ARL QuantoDesk, ARL Quantiris, ARL 3460 y ARL 4460



ARL OES Spectrometers: ARL QuantoDesk, ARL Quantiris, ARL 3460 y ARL 4460  
Tel: +34 91 451 12 12 Fax: +34 91 451 12 13  
E-mail: [info@arl.com](mailto:info@arl.com) [www.arl.com](http://www.arl.com)



### TALLERES DE PLENCIA, S.L. HORNOS INDUSTRIALES

Realizamos hornos para la fundición y el metalurgia. Hornos de fusión y mantenimiento. Hornos de fundición y mantenimiento. Hornos de fundición y mantenimiento. Hornos de fundición y mantenimiento.

D. Ochoa, nº 12  
48003 Sopelua - Vizcaya (España)  
Tel: +34 94 625 55 52 / +34 94 625 68 12  
Tel: +34 94 625 68 12  
[www.tp-hornos.com](http://www.tp-hornos.com)

[www.hornos-tp.com](http://www.hornos-tp.com)



DISEÑO Y FABRICACION DE EQUIPOS VIBRANTES



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

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

## 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:



c/ Ramón y Cajal, 2 Blo - 4º Dpto. B - 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)



### 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.

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

## RÖSLER

finding a better way ...

Rösler International GmbH & Co. H.P. (E) Tel.: 50 588 65 65 [rosler@rosler.es](mailto:rosler@rosler.es)  
Cova Solana C / Torrel, 7 08151 Rubí (Barcelona) Fax: 85 526 32 01  
[www.rosler.es](http://www.rosler.es) Tel Cel: 95 487 83 28 [comercial@rosler.es](mailto:comercial@rosler.es)

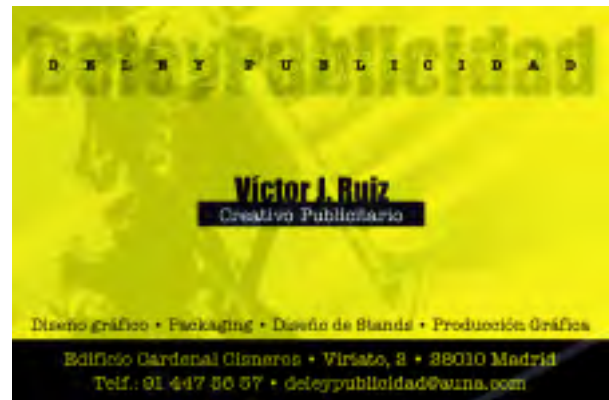
- VIBRACIÓN
- GRANALLADORAS Y CHORREADORAS
- LÍNEAS DE GRANALLADO Y PINTADO
- RECAMBIOS Y PIEZAS DE REPUESTO
- LAVADORAS INDUSTRIALES
- INGENIERÍA MEDIOAMBIENTAL

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

INSTALACIONES PARA TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE

## INDICE de ANUNCIANTES

ABRASIVOS Y MAQUINARIA . . . . .	54	INSERTEC . . . . .	54
ACEMSA . . . . .	53	INTERBIL . . . . .	54
BAUTERMIC . . . . .	15	LIBRO TRATAMIENTOS TÉRMICOS . .	51
BIEMH . . . . .	13	METALGRÁFICA DE LEVANTE . . . .	53
BRUKER . . . . .	5	MODELOS VIAL . . . . .	55
CERAMIFRAC . . . . .	53	NUESTRAS REVISTAS . . . . .	Contraportada 3
CONIEX . . . . .	55	RÖSLER . . . . .	55
EKIMEN . . . . .	15	SEFATEC . . . . .	55
EUCON . . . . .	54	SPECTRO . . . . .	11
EURO-EQUIP . . . . .	3	TALLER DE MODELOS Y TROQUELES .	54
FOSECO ESPAÑOLA . . . . .	Contraportada 4	TALLERES ALJU . . . . .	PORTADA
FOUNDEQ . . . . .	17	TALLERES DE PLENCIA . . . . .	55
HORNOS ALFERIEFF . . . . .	11	TARNOS . . . . .	55
IBERIA ASHLAND CHEMICAL . . . . .	Contraportada 2	THERMO FISHER . . . . .	55
IDINOVA . . . . .	19	6º CONGRESO OPORTO . . . . .	9



## Próximo número

OCTUBRE

Nº Especial **6º CONGRESO DE LA FUNDICIÓN IBÉRICA**  
(Oporto).