

FRECH®

Global. Die Casting. Service. Solutions.

Frech ofrece más en tecnología en cámara fría y cámara caliente para Aluminio, Magnesio y Zinc inyectado, complementos para automatización y moldes.



Frech España S.A.
Polígono Ind. „Els Xops“
Nave Nº 2
08185 Lliça de Vall (Barcelona)
ESPAÑA

Phone: 00 34 - 93 - 84 90 655
Fax: 00 34 - 93 - 84 90 355
E-mail: ventas@frechspain.com
www.frech.com

ASHLAND®

CASTING SOLUTIONS



Pep Set®



Magnaset®



Mini-Mazarotas



Compromiso de Progreso



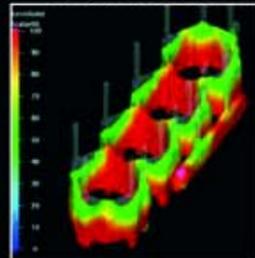
Isocycle®



Bajo Humo



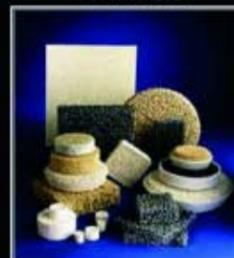
Arena-flow



Isocure Focus™



Filtros



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

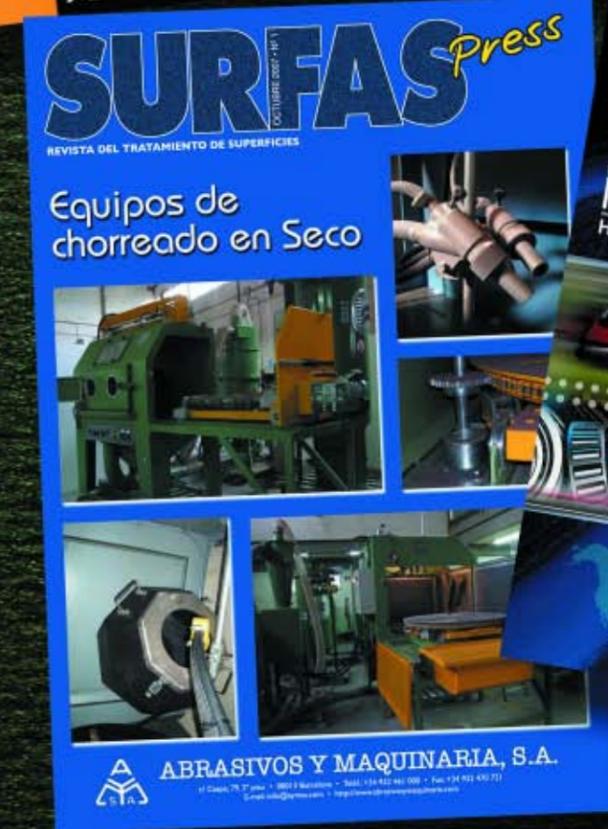
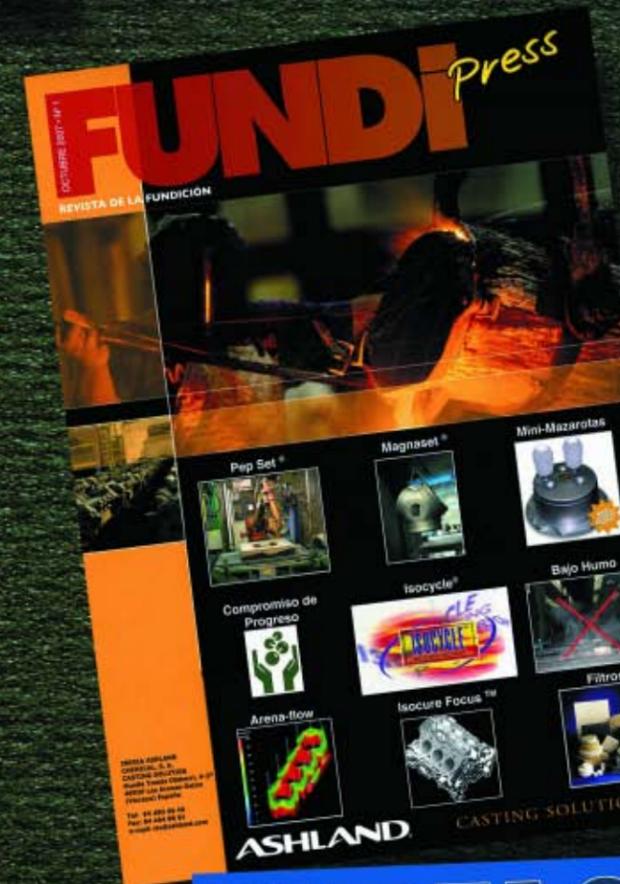
Tel: 94 480 46 46
Fax: 94 464 88 61
e-mail: iac@ashland.com

SOLUCIONES INDUSTRIALES PERSONALIZADAS



SU POKER DE ASEES

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL



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





Dentro de la amplia gama de maquinaria, periféricos y complementos para la fundición a presión de metales no férricos, FRECH ha dedicado un especial cuidado en el nuevo diseño de las máquinas de cámara fría como consecuencia de los nuevos retos que nuestros clientes tienen que afrontar.

Amplias prestaciones, adecuados y precisos sistemas de control del pro-

ceso se precisan cada día más para una adecuada calidad y productividad.

FRECH ESPAÑA, S.A.

Pol. Ind. Els Xops, nave 2

08185 Lliça de Vall

BARCELONA - ESPAÑA

Tel: +34 938 490 655

Fax: +34 938 490 355

E-mail: ventas@frechspain.com

www.frech.com

Sumario • Diciembre 2007 - Nº 2

Editorial **2**

Noticias **4**

El proyecto "Diofur" solucionará la emisión de dioxinas en las fundiciones europeas • Analizador de oxígeno Hi-tech Z1110 • Robots BLASTMAN • Nuevo autómatas de seguridad Pluto • Iniciativas globales de desarrollo de productos con Windchill® de PTC® • Nuevo cilindro de bloqueo Z2350 • Novedosos volquetes basculantes GOUBARD • RÖSLER continúa su expansión • Expansión de HORMESA • HORMESA adquiere CONTICAST.

Información

- Repercusión de las sustancias químicas en la industria del metal - *Por Confemetal* **12**
- ITP impulsa su estrategia PLM con Windchill® de PTC® **14**
- Hornos y estufas industriales conceptos generales - *Por Bautermic* **16**
- El sistema Rencast® reduce a la mitad los costes de producción de los moldes de aerogeneradores en China **18**
- ThyssenKrupp usa amGard para proteger a sus trabajadores **20**
- Tecno Disseny, preseries y prototipos en material final **21**
- Lijado de gran potencia con GRIT GI y GRIT GX **22**
- Las aplicaciones industriales del aluminio y el desarrollo sostenible, en TransAL 08 **23**
- Criterios para el diseño de revestimientos que contactan con fluidos a elevadas temperaturas - *Por Miguel Ángel Barbés Fernández, Èrika Marinas García, María Florentina Barbés Fernández, Ángel Alfonso Fernández y Luis Felipe Verdeja González* **26**
- Fundición de piezas escultóricas con moldeo en cascarilla cerámica utilizando modelos perdidos y pinturas refractarias - *Por Sorroche Cruz, A; Lozano Rodríguez, L; Durán Suárez, J. A.; y Peralbo Cano, R.* **32**
- Influencia de la eficiencia del procesado de la arena de moldeo en verde en el desarrollo de su poder aglutinante y humedad - *Por J. Expósito* **37**
- Inclusiones en fundiciones de aluminio y técnicas electromagnéticas de separación - *Por Daniel Morñigo, Ana Rivas, Mª Angeles Rodríguez, José Antonio Maroto y Jorge Martín* **46**
- Inventario de Fundición **55**

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 y Manuel Martínez Baena

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

Depósito legal: M-51754-2007

Diseño y Maquetación: José González Otero
 Creatividad: Victor 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



Asociación de Fundidores de Cataluña



Asociación de Fundidores País Vasco y Navarra



Asociación Fundidores Mitad Sur España I+D

D. Manuel Gómez

Editorial

Estamos de enhorabuena

Para este nº 2 que tienen en sus manos, contamos con varios artículos muy interesantes y actuales, de personas relevantes dentro del sector, a los cuales damos las gracias por su desinteresada colaboración.

Queremos continuar en esta línea y desde aquí ofrecemos nuestras páginas de futuros números, para que otras personas y compañías puedan exponer ensayos, estudios, investigaciones, ... realizados en el sector fundición.

También vamos a colaborar con Ferias, eventos y Congresos que se realicen, sobre los cuales ofreceremos anticipadamente la información recibida. Para 2008, aunque no tengamos Ferias específicas de fundición como han sido la GIFA de Düsseldorf y la Cumbre Industrial de Bilbao en 2007, tendremos el TRANSAL de Biarritz. En estos eventos y siempre que podamos, vamos a estar presentes con la revista y a ser posible dedicarle un nº especial.

También estaremos presentes en la BIEMH de Bilbao en marzo, donde distribuiremos el nº 3 de FUNDI Press, ya que otra revista del grupo, MOLD Press, tiene stand en su sector específico sobre fabricación de moldes, dentro de la máquina-herramienta.

Aprovechamos desde aquí para desearles unas Felices Fiestas y un próspero año 2008, de parte de todos los que hacemos posible que esta revista llegue a sus manos.

Antonio Pérez de Camino

Un movimiento estratégico a la victoria



Haga su próximo movimiento con total confianza...

The **heart**
of Robotics



Los robots ABB han sido siempre un elemento clave en la automatización de los procesos de fundición.

Desde los inicios de la automatización nuestros expertos han participado en la consecución de grandes logros en el mundo de la fundición.

ABB es líder en innovación e incremento de productividad con unos niveles de calidad inimaginables hasta ahora. Todo ello avalado por una compañía con seriedad financiera, tecnología global y servicio local especializado. Además de contar con la ayuda de las mejores empresas colaboradoras.

Para ver como el posicionamiento de ABB es el único que hará inmejorable el próximo movimiento en su fundición... contacte con nosotros.

Asea Brown Boveri, S.A. -Robotics Division-

C/ Illa de Buda, 55

08192 Sant Quirze del Vallès (Barcelona)

Tel. 93 728 87 00 – Fax 93 728 86 82

Delegaciones comerciales en Bilbao, Madrid, Valencia, Valladolid, Vigo, Vitoria y Zaragoza

*Power and productivity
for a better world*

ABB

El proyecto 'Diofur' solucionará la emisión de dioxinas en las fundiciones europeas

El proyecto tecnológico DIOFUR, liderado por TECNALIA-Fundición y en el que participan además otras quince entidades de países europeos, tiene como meta reducir las emisiones de dioxinas en los procesos de fusión hasta niveles considerados como aceptables por la normativa europea. En este proyecto, cuyo coste asciende a cerca de tres millones de euros, participan, además de TECNALIA Fundición, los centros tecnológicos IOD de Polonia, CTIF de Francia y el belga VITO; tres Asociaciones de Fundidores, la FEAF española entre ellas, y nueve empresas, con Guivisa, Fundiciones Infiesta y Fundiciones Fumbarri, por parte española.

Si bien el sector de la Fundición dista de ser un gran emisor de dioxinas, en algunas fundiciones se han superado, en ocasiones, los límites que establece la Directiva de Incineración. Las dioxinas son un subproducto habitual en los procesos de combustión en los que existen cloro y carbono contenidos en el combustible y resultan perjudiciales para la salud humana. En 1997 fueron clasificadas como "carcinogénicos humanos conocidos" por la Organización Mundial de la Salud.

Estos compuestos pertenecen al grupo de los compuestos orgánicos persistentes, que permanecen inalterados en el medio ambiente durante largos periodos de tiempo. Además, pueden acu-

mularse en el tejido graso de animales y seres humanos, con tendencia a permanecer inalterados durante tiempos prolongados y, por tanto, con un mayor grado de efectos perniciosos.

Una gran parte de las fundiciones europeas son empresas pequeñas y medianas, PYMEs, (aproximadamente, el 80%) y se estima que el número de fundiciones afectadas por este problema se halla entre 600 y 800 empresas.

Conscientes de este problema y dentro de su línea de colaboración en todos los ámbitos del sector de fundición, los equipos de TECNALIA Fundición, en estrecha colaboración con la FEAF y otras organizaciones afines a la necesidad mencionada, impulsaron este proyecto DIOFUR hasta ser aprobado por la Comisión Europea. Mención señalada merece su iniciador, Jesús Aranzabal, que al presente tiene encomendada la gerencia de una empresa tecnológica como ECOFOND, especializada en reciclaje y reutilización de arenas de fundición.

Los socios participantes en el proyecto pertenecen a seis países, además de contar con la cooperación de la Asociación de Fundidores Europeos, CAEF, constituida por veinte Asociaciones de distintos países.

Por otra parte, la actividad multidisciplinar dentro del consorcio para el proyecto DIOFUR se pone de relieve por el hecho de que participen en el mismo diversidad de socios: fundiciones férreas y de acero con distintos medios fusores, fabricantes de equipos medioambientales y de equipos destinados a fundición, Asociaciones de Fundidores, centros tecnológicos especializados y líderes en fundición y técnicas medioambientales.

La operativa de desarrollo del proyecto se ha organizado en cinco áreas de actividad y resultados prácticos: intercambio de información con las PYMEs, influencia de los parámetros de proceso, desarrollo de nuevas técnicas de eliminación, formación y difusión del conocimiento generado, resultados y evaluación.

Info 1

Analizador de oxígeno Hitech Z1110

El analizador de oxígeno Hitech Z1110 de zirconio mide la concentración de oxígeno desde niveles de % a fracciones de partes por millón (ppm) de gases limpios. Montado en una robusta caja, utiliza un sensor de zirconio que ofrece una precisa medición con la mínima interferencia de otros gases. Una celda única y el especial diseño del calentador logran un rápido calentamiento y así una rápida respuesta a la vez que una mayor vida. La posibilidad de distintos métodos de muestreo permite una fácil adaptación a la planta. El gran indicador auto rango LCD se usa para mostrar la concentración medida y también los parámetros de configuración del instrumento.

Dispone de dos canales de alarma con un juego de contactos



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

conmutados que pueden configurarse para cualquier concentración medida dentro del rango del instrumento, tanto como la función (alta, baja o off) como la histéresis. También puede disponer de dos salidas analógicas, 0 a 5V ó 4 a 20mA, totalmente programables. El sistema de muestreo estándar comprende una válvula y un caudalímetro. Se dispone de otras alternativas que cubren una gran variedad de usos. Hitech también suministra un amplio rango de accesorios para la correcta conexión a la mayoría de fuentes de muestras.

Info 2

Robots BLASTMAN

La competencia cada vez más dura exige un tratamiento de superficies cada vez más eficiente y una calidad de superficie cada vez mejor. Además, los sistemas manuales empleados hasta ahora no cumplen la regulación medioambiental y sanitaria exigida por las autoridades.

Los robots BLASTMAN son la solución a estas exigencias.

Además permiten tratar superficies que por sus características y tamaños no pueden ser alcanzadas por sistemas manuales.



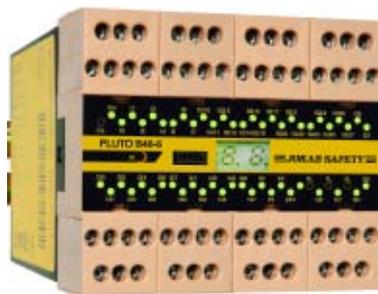
BLASTMAN tiene una eficiencia 10 veces superior a un sistema manual que permite un retorno de la inversión incluso de menos de un año.

Estos sistemas están diseñados a la medida de cada aplicación y pueden suministrar incluso plantas completas llave en mano, así como unidades móviles.

Info 3

Nuevo autómatas de seguridad Pluto

Safework presenta el nuevo módulo programable Pluto de doble tamaño (90 mm de ancho), ampliando la gama de autómatas de seguridad del sistema Pluto de Jobak Safety para cubrir la necesidad de más entradas y salidas de los PLC de seguridad compactos.



Disponibles con conexión bus (B46-6) o sin ella (S46-6), presenta un total de 46 entradas/salidas, de las que 6 son salidas de seguridad independientes, 16 pueden ser utilizadas como entradas o como salidas y 24 son entradas de seguridad o de cualquier tipo.

El Pluto B/S46-6 permite además la conexión de un terminal HMI directamente a su conector frontal o a través del can bus de seguridad.

El software PlutoManager permite una programación sencilla

que lo hace muy práctico tanto para el control de funciones de seguridad (incluso velocidades) como para el control de máquinas pequeñas.

Info 4

Iniciativas globales de desarrollo de productos con Windchill® de PTC®

PTC anuncia que las pequeñas y medianas empresas (PYME) están implementando la solución de gestión de procesos y contenidos Windchill para contribuir al éxito de sus iniciativas globales de desarrollo de productos. Windchill ayuda a las empresas a administrar y configurar todo el contenido de desarrollo de productos, así como a optimizar la amplia gama de procesos de desarrollo de productos necesarios para lanzar productos al mercado y gestionar todo su ciclo de vida. El punto álgido de la adopción de Windchill se ha visto reflejado recientemente en las ganancias trimestrales de PTC, donde se pudieron observar los mayores beneficios derivados de soluciones Windchill en la historia de la empresa.

El principal objetivo de Automat Industrial, empresa catalana fundada en 1987, es la mejora constante en tecnología que les permita aumentar su presencia en el mercado, tanto nacional como internacional. Esta empresa que diseña y fabrica maquinaria para la industria del alambre, ha elegido Windchill® PDMLink™ y Windchill® ProjectLink™ para la gestión de toda la información de producto. A partir de ahora, la in-

formación estará disponible no sólo para el equipo técnico, que hasta ahora utilizaba Pro/INTRA-LINK, sino para el resto de departamentos, las fábricas que el grupo tiene repartidas por todo el mundo, y en un futuro cercano, para clientes, proveedores y socios. "Desde hace años venimos utilizando Pro/ENGINEER como nuestra solución estándar para el diseño de nuestros productos y Pro/INTRALINK para la gestión de la información dentro de la oficina técnica. Por eso nos parecía la decisión más natural optar por PTC para dar este salto tecnológico, que nos permitirá ampliar nuestro actual sistema de desarrollo de productos, abarcando áreas como la gestión de la información y la colaboración, que sin duda reducirán el ciclo de desarrollo de productos y aumentará la calidad de los mismos" declara Xavier Roig, director técnico de Automat. Tanto la venta del software como la prestación de servicios ha sido realizada por Integral CAD CAM, distribuidor autorizado de PTC.

Transformational Defense Industries (TDI) es una empresa emergente dedicada a la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías para aplicaciones de defensa. TDI ha revolucionado su sistema de control del retroceso para armas de calibre medio y bajo, al lograr redirigir las fuerzas de retroceso, reduciendo el retroceso efectivo y mejorando la precisión a alta velocidad de disparo. Uno de los principales retos de negocio para TDI consiste en poder pasar del concepto al producto en menos tiempo, además de convertirse simultáneamente en una empresa de desarrollo de productos global. TDI eligió Windchill de PTC para crear una organización virtual de desarrollo de productos con recursos limitados. Windchill otorgó a TDI la capacidad de cola-

borar y gestionar datos eficazmente con socios, proveedores y clientes a través de dicho equipo de desarrollo de productos virtual. Windchill permite compartir especificaciones, diseños y datos de pruebas de manera segura con proveedores, subcontratas de ingeniería y centros de investigación del Ejército de los EE.UU. Además, Windchill posibilita la gestión eficaz de datos de productos a medida que los equipos de ingeniería de TDI van evolucionando.

Info 5

Nuevo cilindro de bloqueo Z2350

En la construcción de moldes suelen requerirse movimientos lineales de elevada fuerza y carreras cortas. Algunos ejemplos son las funciones de posicionamiento, empuje o tensado, o los procesos de inserción automatizados. En los moldes de inyección, este tipo de movimientos también son necesarios, ya que si las partes deslizantes y los punzones no pueden manejarse a través del movimiento de la unidad de cierre, deberá encontrarse otra solución práctica.

Las funciones especiales de desmoldeo y extracción que deben llevarse a cabo del lado de la boquilla se realizan con la fuerza del émbolo. Los nuevos cilindros bloque Z2350/... de construcción compacta de HASCO ofrecen la solución ideal. Estos cilindros de bloqueo están disponibles en tres tamaños de diferente rendimiento.

Los tipos de fijación de diseño variable, dentro y fuera del molde, permiten que estos cilindros de



bloqueo puedan utilizarse de forma universal. El grosor de pared de los bloques de los cilindros permite realizar un bloqueo con una chaveta Z1558 /... de fácil montaje. Para ello ya se ha previsto una ranura en el cilindro. Se recomienda esta medida en el caso de un atornillado transversal.

Para unir el vástago del émbolo con el molde de forma desmontable y no positiva se dispone de un adaptador endurecido Z2351/... de WAS 1.2343. La doble función del émbolo tiene un mayor efecto de presión y tracción. En los datos de rendimiento destacan especialmente una considerable presión de funcionamiento máxima de 500 bar y la temperatura de funcionamiento máxima de 150 °C. Para consultar otros datos y las instrucciones de montaje se dispone de documentación detallada.

El émbolo y su vástago están realizados con anillos de doble estanqueidad que los hacen más duraderos y estancos. El vástago del émbolo endurecido y rectificado con alta precisión cuenta con una fijación sólida y, además, está guiado por un anillo metálico que impide la penetración de suciedad. Pueden utilizarse conexiones y mangueras corrientes, pero se recomienda la gama hidráulica de HASCO.

Info 6



ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.

C/ Caspe, 79, 2º – Tel.: 932 461 000 – Fax.: 932 470 721 – 08013 BARCELONA

Delegación MADRID: Tel.: 913 296 167 – 913 296 297 – Fax.: 913 296 313

www.abrasivosymaquinaria.com

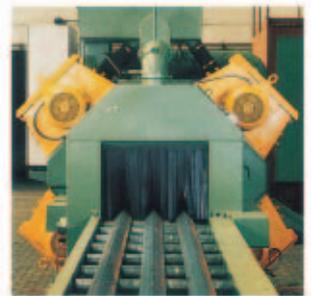
GRANALLADORAS



Granalladoras de tapiz



Granalladoras de gancho



Granalladoras en continuo

TRATER *Press*
OCTUBRE 2007 • Nº 1
REVISTA DEL TRATAMIENTO TERMICO

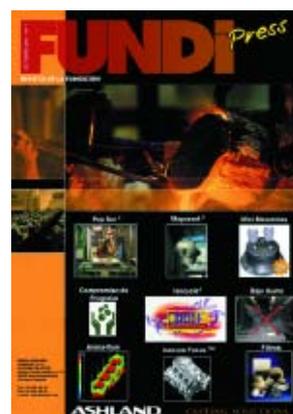
Soluciones
insertec
Hornos & Refractarios

para el Tratamiento Térmico

www.insertec.biz

FUNDI *Press*

Suscripción anual 2008
9 números
115 euros



pedeca@pedeca.es

Tel.: 917 817 776

Fax. 917 817 126

Novedosos volquetes basculantes GOUBARD

Sea por presiones legales sea por iniciativas ciudadanas, hoy en día las empresas están obligadas a poner en marcha auténticas políticas medioambientales en lo que se refiere a la gestión de residuos que producen o manipulan a lo largo de sus procesos industriales. Para responder a esta creciente preocupación, la entidad francesa GOUBARD presenta una amplia gama de volquetes para carretilla elevadora adaptada al conjunto de las necesidades de separación selectiva y mantenimiento de residuos industriales.

La empresa GOUBARD ofrece una extensa gama de volquetes y canchales enriquecida con accesorios destinados a la manutención de residuos prensibles mediante las horquillas de una carretilla elevadora. Sus materiales se adaptan a todo tipo de carretillas y pueden contener cualquier clase de residuos (cartón, papel, metales, madera, plásticos, embalajes, etc.). Dicha gama incluye asimismo versiones más robustas para cargas pesadas tales como grava, arena, metales pesados y otras.

El departamento de proyectos de esta empresa ha desarrollado varios modelos estándar con capacidades que oscilan entre los 200 y los 5.000 litros. Además, para su mejor maniobrabilidad pueden disponer de ruedas.

GOUBARD también fabrica volquetes a medida que responden a las exigencias técnicas específicas de sus clientes: volquetes de acero inoxidable, de basculamiento hidráulico, con rejilla, con ruedas hinchables, chasis multi-



volquetes, etc. Para cada una de estas aplicaciones, se emplean materiales novedosos y perennes que aúnan economía, productividad y tecnicidad. Además, propone una amplia paleta de colores para la identificación de cada uno de sus productos en función, por ejemplo, del tipo de residuos o de su lugar de utilización.

Info 7

Expansión de RÖSLER

RÖSLER continúa su expansión con la construcción de un nuevo edificio de 10.000 m² para la construcción de sistemas de granallado en Untermerzsbach (Alemania).

En los últimos seis meses, Rösler Oberflächentechnik GmbH ha invertido diez millones de Euros en edificios en Alemania para el diseño y fabricación de equipos de granallado. El especialista en tecnología de superficie, ha dado otro paso para ser menos dependiente de sus proveedores. En el futuro, todas las máquinas e instalaciones de granallado se producirán en Untermerzsbach en 2 turnos de trabajo.

Las actividades de expansión de



Rösler no terminan aquí. En Enero de este año, Baiker AG, (Suiza) una compañía especialista en tecnología de granallado, que atiende las necesidades de la industria de la automoción y aviación, se ha integrado en el grupo Rösler. Recientemente, Rösler también adquirió Reni Cirillo, un fabricante Italiano de sistemas de acabado a vibración, que complementa perfectamente la gama de productos de Rösler, particularmente en el mercado Italiano. La compañía con base en Milán, se ha integrado en la sucursal Italiana de Rösler.

El éxito futuro se basa en la inversión en personal. Desde principios de este año, se han incorporado 91 empleados nuevos en la central de Alemania y en Septiembre han comenzado 19 nuevos aprendices que se están formando según su vocación en cinco áreas diferentes. Actualmente Rösler da empleo a 1.130 personas (de los cuales 66 son aprendices) entre sus dos centrales de Hausen y Untermerzsbach (Alemania) y sus 13 sucursales alrededor del mundo.

Info 8

Expansión de HORMESA

HORMESA, Hornos y Metales, S.A., brinda servicios mas fácilmente a sus clientes Internacionales, con la apertura en 2005 de la Oficina Comercial y posterior fábrica en Tailandia, que han seguido las Oficinas de Argentina, México y Colombia.



Para el año 2008 se espera operar en Turquía y Rumania y crear una fábrica en América. Los 3 puntos de fabricación darán mayor rapidez en el servicio y entrega de los equipos.

En el año 2007 la aportación exterior al negocio supuso más del 86% en equipos nuevos, siendo la aportación de las filiales a la facturación de un 22%. Para 2008 se estima un crecimiento en la actividad y facturación de las filiales, hasta el 28%, alcanzando una cifra Global por encima de los 9 MM de euros.

La plantilla en el Exterior alcanza ya un 40% del personal total. La coordinación de actividades se realiza desde la matriz soportada por HORMESA AMERICA Ltda.

Info 9

HORMESA adquiere CONTICAST

La firma CONTICAST Ltd., de Escocia, ha sido recientemente adquirida por la Española HORMESA, Hornos Y Metales, S.A. Con esta unión de actividades HORMESA se consolida como Integrador de Soluciones integrales para la fundición de NO Ferrosos, junto con sus Socios estratégicos.

CONTICAST Ltd., viene desarrollando sus actividades desde



2002 en la fabricación, suministro y puesta en marcha de instalaciones de Colada Continua Horizontales, así como Verticales Ascendentes (Up Cast) y descendentes.

Con más de 40 Referencias Internacionales en 5 Continentes es líder en esta tecnología, cubriendo más de 6 patentes Internacionales.

Escocia seguirá manteniendo el Centro Tecnológico de desarrollo y prototipos, con un personal bien capacitado para ello. Desde HORMESA se comercializarán las máquinas y se fabricarán para el Grupo.

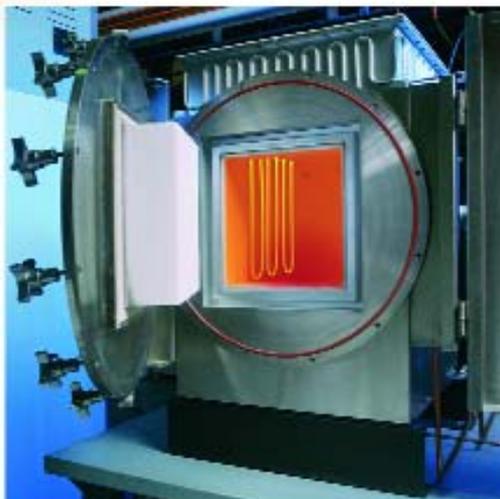
Info 10

Nuevas soluciones con resistencias KANTHAL SUPER

SuperSeguro



KANTHAL SUPER RA
mayor duración en
atmósferas reactivas y reductoras a 1.700 °C.



Resistencia Kanthal Super ER
en horno multi-atmósfera de hasta 1.600 °C.

SuperPower

KANTHAL SUPER ER
Para atmósferas oxidantes, inertes
y reductoras a 1.600 °C.



Además en KANTHAL puede encontrar:

- Resistencias eléctricas hasta 2.000 °C.
- Refractarios y aislantes de fibra y alúmina.
- Transformaciones de hornos.
- Asesoramiento técnico.
- Análisis y simulaciones de procesos térmicos.
- Y ahora además, ¡distribuidores exclusivos de La Resistance RD para resistencias y tubos radiantes!
- Paneles para hornos de mantenimiento de aluminio.

KANTHAL

Sandvik Española, S.A.
División Kanthal

C/Venneçà, s/n Pol. Ind. Rocà
08107 MARTORELL ES (Barcelona)

Tel. Directo División Kanthal: 93 571 75 40

Centralita: 93 571 75 00

Fax: 93 571 75 86

Repercusión de las sustancias químicas en la industria del metal

Por Confemetal

El pasado día 1 de junio, entraba en vigor el Reglamento (CE) n° 1.907/2006 relativo al registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos (REACH). La puesta en marcha de este Reglamento implicará para fabricantes, importadores y usuarios intermedios de determinadas sustancias y preparados químicos, el cumplimiento de una serie de obligaciones de extrema importancia para su competitividad e innovación.

La mayor parte de las obligaciones que prevé el Reglamento serán de aplicación más adelante y de manera progresiva, pero ya empieza a ser tarde para empezar a analizar qué sustancias tenemos y qué somos a efectos de REACH, lo que nos permitirá determinar exactamente la naturaleza de nuestras obligaciones.

Queremos a continuación destacar algunas cuestiones básicas sobre REACH:

- El Reglamento REACH consolida el principio de responsabilidad del productor en el suministro de información de seguridad de las sustancias y en relación con la correcta gestión de los riesgos. Todas las sustancias, ya sea como tales, en forma de preparados o en artículos, están cubiertas por el Reglamento a excepción de sustancias radiactivas, sustancias intermedias no aisladas, sustancias que son transportadas ferrocarril, carretera, o vía fluvial, marítima o aérea y aquellas que sean residuos. Se contemplan además excepciones parciales al reglamento REACH.
- En el marco de REACH, fabricantes e importadores de productos químicos están obligados (para

cada una de sus entidades legalmente establecidas) a registrar en la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos las sustancias o preparados que produzcan o importen en cantidad superior a 1 tonelada al año (por fabricante/importador), salvo que la sustancia esté exenta de registro. No registrar sustancias o preparados supone que éstos no podrán ser fabricados en la Comunidad ni ser puestos en el mercado de la UE.

- Los requisitos de registro también son de aplicación en determinadas condiciones a sustancias contenidas en artículos. El fabricante/importador del artículo es, en este caso, responsable de que se realice el registro de las sustancias contenidas en artículos que vayan a ser intencionadamente liberadas. Además estará obligado, en determinadas circunstancias, a notificar sustancias de alto riesgo contenidas en artículos. El registro o la notificación de sustancias no será exigido si la sustancia ya hubiese sido registrada para ese uso específico.
- REACH establece obligaciones de comunicación aguas arriba y aguas abajo en la cadena de suministro, esto es, entre fabricantes e importadores de las sustancias como tales o en preparados y los usuarios de éstas. Los usuarios intermedios pueden a su vez ser formuladores de preparados (por ejemplo la industria de la pintura), que bien pueden ser considerados como usuarios intermedios de primer nivel. Muchas de nuestras industrias, fabricantes de equipos y artículos son lo que podríamos llamar usuarios de segundo nivel (industria que, por ejemplo, utiliza en sus proce-

osos productivos aceites, lubricantes, metales, aleaciones, plásticos, ... para fabricar productos).

- Un elemento central del nuevo sistema REACH es la creación de la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos. Con base en Helsinki, se supone estará completamente operativa el 1 de junio de 2008. Su cometido será recopilar datos científicos y técnicos así como asumir todas las cuestiones administrativas que se derivan de REACH en la UE. Proporcionará además asesoramiento a los Estados miembros sobre REACH.
- REACH prevé procedimientos de autorización para aquellas sustancias que hayan sido identificadas como de muy alto riesgo o peligrosidad. Fabricantes, importadores y, en determinados casos, usuarios intermedios, deberán solicitar una autorización a la Agencia si desean utilizar o poner en el mercado este tipo de sustancias. Este tipo de procedimientos, puede tener impacto sobre la disponibilidad de la sustancia en el mercado. Debe subrayarse de nuevo que los usuarios intermedios no necesitan solicitar la autorización para su uso si el uso ya ha sido identificado por un agente previo en la cadena de suministro.

- Más allá de la autorización, REACH prevé procedimientos de restricción que regulan las condiciones de fabricación, puesta en el mercado o uso de determinadas sustancias que como tales, en preparados o contenidas en artículos, representan con su uso un riesgo demasiado alto para la salud humana o el medio ambiente. Estas sustancias, específicamente listadas en Anexo XVII del Reglamento, no podrán continuar siendo usadas o puestas en el mercado a menos que cumplan con la restricción impuesta a las mismas.

Pues bien, en el marco de la aplicación de esta amplia normativa que a todos afecta de una forma u otra, elaborar el inventario de todas las sustancias y preparados que maneja la empresa, analizar posibles exenciones, definir para cada sustancia si se es fabricante, importador o usuario intermedio, dividir los preparados en sustancias individuales contenidas y establecer el volumen anual que de cada una de ellas fabricamos, importamos o usamos, recopilar cuanta información dispongamos sobre escenarios de exposición, o listar todos nuestros proveedores de sustancias, son algunos pasos que cualquier empresa debería estar ya dando.

Prestaciones y Flexibilidad Una herencia de Innovación



**Solicite la visita de un comercial
para conocer sus ventajas**

Analizador de Altas Prestaciones SPECTROLAB

Con el nuevo SPECTROLAB, presentamos una nueva clase de analizador de metales que sobresale por sus prestaciones analíticas mejoradas, mayor flexibilidad analítica y funcionamiento sencillo.

- Óptica híbrida única con detectores analógicos y sensores digitales
- Guarda el espectro completo de 120 a 780 nm para una perfecta selección de líneas
- Sistema UV de bajo mantenimiento y costes de funcionamiento mínimos
- Sistema de lectura de altas prestaciones con evaluación precisa y flexible de cada descarga individual
- Generador de plasma digital para un control exacto de las condiciones del plasma

SPECTRO

Aproveche las prestaciones del líder del mercado: Hable con nosotros y descubra por qué los analizadores de metal de SPECTRO son una inversión para una mayor productividad y rendimiento

Tel. + 34 94 471 04 01,
comercial@spectro.es,
www.spectro.es



AMETEK
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

ITP impulsa su estrategia PLM con Windchill® de PTC®

PTC anuncia que Industria de Turbo Propulsores (ITP), con sede en Zamudio, España, ha implementado Windchill®, la solución de gestión de procesos y contenidos de PTC, como su sistema de Gestión del ciclo de vida de productos (PLM). La empresa mixta integrada por Sener Aero-náutica y Rolls-Royce se dedica a actividades de investigación y desarrollo, ingeniería, fabricación, montaje, pruebas, reparación y rediseño de turbinas para la industria aeronáutica y defensa. ITP ha seleccionado Windchill para mejorar la gestión de datos de productos y todos los procesos asociados a lo largo del ciclo de vida de los productos, así como para reducir el coste total de la propiedad de la arquitectura informática, mediante la implementación de una solución preconfigurada, número uno en la industria.

“Como proveedor principal de los fabricantes originales (OEM) más importantes del mundo, ITP necesitaba gestionar la estructura de producto y la documentación asociada en un entorno controlado y seguro, además de administrar los procesos relacionados, como la gestión de cambios, para garantizar los niveles de calidad requeridos. Windchill ha demostrado con creces que es una solución completa y fiable”, declaraba Txema Ruiz Sagarna, Jefe de ingeniería del Departamento de informática de ITP. “Las prestaciones preconfiguradas de Windchill nos permiten aprovechar la tecnología más avanzada mucho más rápido que antes. Hemos experimentado extraordinarias mejoras en algunos procesos fundamentales que implican el control y la gestión de información de productos

transferida entre diversos equipos y departamentos, y en algunos casos, hemos conseguido ahorrar hasta un 75% de tiempo”. Este ahorro de tiempo asociado a los procesos repercute en beneficio del ciclo de desarrollo de productos de ITP y favorece la reducción de costes, ya que los equipos pueden dedicar más tiempo a tareas relevantes del proceso principal de desarrollo de productos, en lugar de dedicarse a tareas que no aportan valor añadido.

Próximamente ITP implementará las prestaciones de colaboración de Windchill ProjectLink™. “Esta solución escalable y actualizable de PTC también nos ofrece oportunidades futuras para ampliar la implementación a otros procesos clave de desarrollo de productos y a través de toda la empresa global. Pensamos que Windchill nos ayudará a potenciar la interoperabilidad entre todos nuestros centros de desarrollo dispersos geográficamente, así como con nuestros subcontratistas, proveedores y clientes. Windchill ProjectLink™ será la herramienta que utilizaremos para gestionar no sólo nuestros proyectos de desarrollo de productos, sino también todo tipo de iniciativas internas donde los datos de ingeniería y la gestión de procesos sean fundamentales. Este hecho demuestra que Windchill es capaz de satisfacer nuestras necesidades de negocio presentes y futuras”, declaraba el Doctor Iñaki Ulizar, Director de ingeniería y tecnología de ITP.

ITP se esfuerza por satisfacer las demandas cada vez más complejas de ingeniería, desarrollo de productos y fabricación, adoptando las prácticas

industriales más óptimas en sus procesos de desarrollo de productos. Por consiguiente, la empresa buscaba una solución PLM que fuera potente, altamente escalable y de rápida implementación. La decisión de implementar Windchill también estuvo determinada por su asombrosa capacidad de integración con el resto de los sistemas corporativos.

“Para que la implementación de tecnología PLM genere valor comercial es preciso establecer los procesos adecuados y proporcionar soporte completo para cada usuario particular”, explicaba Richard Prince, Director de estrategia de mercado para el sector aeroespacial y defensa de PTC. “A los clientes les complace el hecho de que nuestras soluciones preconfiguradas puedan satisfacer sus requisitos sin necesidad de personalización, lo que les permite dirigir sus inversiones en servicios hacia la optimización de procesos y la adopción por parte de los usuarios, con el fin de obtener el máximo valor de su inversión en software”.

El Grupo ITP, integrado por Sener Aeronáutica (53,125%) y Rolls-Royce (46,875%), incluye entre sus actividades áreas como diseño, I+D, fabricación, fundición, montaje y pruebas de motores aeronáuticos y turbinas de gas. ITP también es proveedor oficial de servicios de mantenimiento para la mayoría de los fabricantes de motores del mundo, y tiene capacidad para reparar más de 400 motores al año. La empresa cuenta con 12 instalaciones de producción en España, Gran Bretaña y Méjico, y dispone de una plantilla de casi 2.500 empleados. En 2006, los beneficios del Grupo ITP crecieron un 17,5 %, para alcanzar los 441 millones de euros.

BILBAO, DEL 3 AL 8 DE MARZO



25 BIEMH

BIENAL ESPAÑOLA DE LA MÁQUINA-HERRAMIENTA



ALTO NIVEL TECNOLÓGICO PARA TU NEGOCIO

Si tu empresa forma parte del sector de la máquina-herramienta, **BEC (Bilbao Exhibition Centre)** y **AFM (Asociación Española de Fabricantes de Máquina-Herramienta)** te invitan a tomar parte en un escaparate de alto nivel tecnológico.

Considerada como la tercera feria más importante de Europa en este sector, en la **BIEMH** podrás exponer tus productos más innovadores y compartirlos junto con los últimos desarrollos, tecnologías y servicios de empresas líderes en su especialidad.

Impulsa tu negocio, participa en la **BIEMH**.



Asociación Española de Fabricantes
de Máquina-Herramienta
www.afm.es



EXPOSSIBLE!

www.bilbaoexhibitioncentre.com/biemh

Hornos y estufas industriales conceptos generales

Por **Bautermic**

El sistema de fabricación actual de hornos y estufas industriales ha cambiado mucho en los últimos 15 años. Las necesidades de mercado y las tecnologías han ido avanzando, creando nuevas formas, nuevos materiales y nuevos procesos, con los que poder incrementar las propiedades de los productos. Actualmente disponemos de superaleaciones con las que obtener una gran dureza y durabilidad, resistencia al desgaste, a la corrosión, etc. A la vez también se han abaratado todos los procesos de fabricación, aumentando el rendimiento de los hornos, eliminando etapas intermedias para elaborar cualquier producto y empleando nuevos materiales aislantes, refractarios, fibras, calefactores, controladores, recubrimientos térmicos y termoquímicos, etc.

Los avances conseguidos en este campo siempre positivos han hecho que los hornos y las estufas industriales evolucionen hacia nuevas tecnologías más complejas, pero a la vez más fiables y fáciles de controlar, ya que los instrumentos de medición actuales son muy precisos y a la vez las nuevas

instalaciones ofrecen muchos menos problemas de manejo para los operarios, eliminando el calor y el sudor por exposición al fuego y a las radiaciones, los grandes y pesados esfuerzos, la toxicidad por vapores, humos, etc.

Los nuevos tipos de hornos y los tratamientos actuales ofrecen grandes ventajas como son: Gran rapidez de tratamiento, producciones elevadas, seguridades optimizadas, resultados siempre repetitivos y con la misma calidad, ahorro en mano de obra, consumos energéticos muy ajustados, etc. Por ello cuando sea necesario adquirir un horno o una estufa industrial hay que tener en cuenta:

Algunos factores técnicos importantes:

- Tipo de tratamiento a realizar (calentar, secar, fundir, cocer, transformar, efectuar tratamientos térmicos varios, enfriar...
- Tipo de material a tratar: Metal, goma, plástico, vidrio, cerámica...



- Producción, número de piezas o ciclos por hora o día, volumen, peso y forma de la carga, ciclos de trabajo, tiempos y temperaturas...
- Forma de carga y descarga, grado de automatización deseado, bien sea en continuo o en estático, sobre bandejas, cestas...
- Sistemas de calentamiento a emplear: Electricidad, gas, gasoil, vapor; y dentro de cada apartado prever si es mejor emplear: Sistemas inductivos, por radiación, por convección, por contacto o por microondas, calentamientos directos o indirectos, con recirculación forzada o al vacío, con atmósferas de protección...
- Estado final requerido de las piezas que hay que tratar: Secado, lavado, desengrasado, deshidrogenado, recocido, sinterizado, plastificado, endurecido, recubrimientos varios de tipo por deposición superficial química, iónica, por plasma, galvanizado...

Por todo lo expuesto, se entiende que para poder elegir el tipo de instalación mas adecuado para rea-

lizar un determinado proceso térmico y según sean el tipo de tratamiento a realizar, la producción, el tamaño, peso y demás características de las piezas, el grado de automatización deseado, etc., pueden utilizarse diversos tipos de hornos.

Cuando sea necesario adquirir una instalación para un determinado proceso térmico para escoger la mejor solución y a la vez que sea económica, es necesario tener buenos conocimientos sobre estas materias, o bien acudir a una empresa especializada, ya que pueden ser válidas diversas soluciones, unas más sencillas y económicas, otras más sofisticadas y automatizadas, también existen otras alternativas térmicas diferentes con las que es posible ahorrar tiempos, espacio de ubicación, potencia instalada y consumible, etc.

Por ello es necesario hacer un adecuado estudio a fin de rentabilizar al máximo la adquisición de este tipo de máquinas a las que por lo general se les exige que puedan utilizarse durante muchos años y sin problemas.

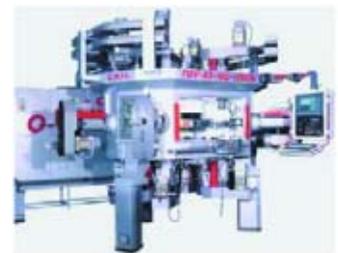
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN EUROPEA, S.L.



**Centro mecanizado
paletizado con plato
de torneado integrado
DS600**



**Máquinas de
producción flexibles,
transferizadas**



**Fresadora de alta
velocidad RXP 300**



**Centro de fresado
vertical de alta
velocidad PRIMA**



Pol. Ind. Can Ribó - Isidre Nonell, 5 - 08911 Badalona (Barcelona)

Tel (34) 93 464 01 78 - Fax (34) 93 389 46 48

<http://www.mpe.es> - e.mail: info@mpe.es

El sistema Rencast® reduce a la mitad los costes de producción de los moldes de aerogeneradores en China

El sistema de colada rápida RenCast® de Huntsman Advanced Materials es utilizado en la fundición y en herramientas de las partes de la carcasa de los aerogeneradores de uno de los fabricantes más importantes de China.

La fundición en la provincia China de Jiangsu, fabrica componentes de Aerogeneradores para clientes en China, Japón, Estados Unidos, India y Europa. La fundición produce aproximadamente 120.000 toneladas de piezas de metal fundido cada año, por lo que la productividad de fabricación es un factor importante.

Con el fin de incrementar al máximo el número de piezas producidas de cada molde, la fundición utiliza el sistema de colada de epoxi RenCast® CW 2418 /HY 5162 para la fabricación de la carcasa del aerogenerador. El sistema RenCast® ha contribuido en la reducción a la mitad de los costes de fabricación del molde.



Utilizando un diagrama 2D proporcionado por sus clientes, se hace primero un modelo maestro del núcleo de arena en madera. Una vez más basados en el mismo diagrama, se diseña y prepara además la estructura de soporte de metal del modelo maestro.

Entonces, el modelo maestro se pretrata con un desmoldeante y se coloca la estructura de soldadu-



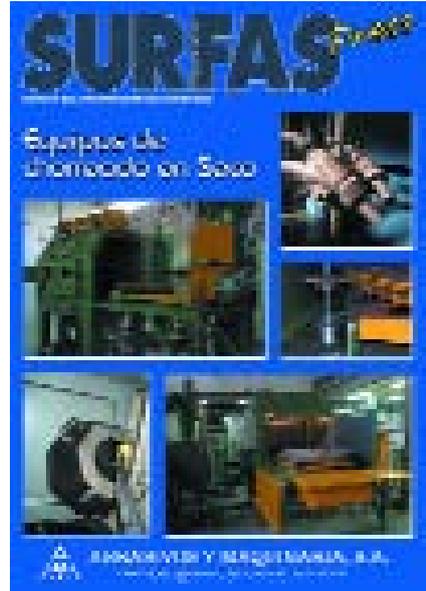


ra sobre el modelo maestro de madera. Una vez terminado, se vierte una capa de 10mm-20mm del sistema de colada RenCast® CW 2418 / HY 5162 para hacer un molde de la superficie de la estructura.

Después de curarlo entre 16-20 horas a temperatura ambiente, se desmoldea el positivo del patrón de madera y está listo para su uso, con una insignificante contracción respecto al patrón original. Es también extremadamente duradero, capaz de soportar la dura vida de trabajo de un modelo durante por lo menos seis años.

Este método es mucho más rápido que los métodos de moldeo tradicional, produciendo moldes más duraderos capaces de producir un número significativamente más elevado de piezas. Esto hace que el sistema de moldeo completo sea mucho más eficaz de coste y de tiempo cuando se compara con el de otros materiales.

RenCast® CW 2418 / HY 5162 es especialmente adecuado para aplicaciones de fundición ya que tiene buena resistencia a la abrasión y es capaz de soportar la exposición frecuente a la arena y a los ligantes químicos. Además de tener una excelente estabilidad dimensional en uso prolongado.





MÁQUINAS DE LAVADO
Y DESENGRASE 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 ...



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

ThyssenKrupp usa amGard para proteger a sus trabajadores

Fortress Interlocks suministra enclavamientos con solenoide amGard a la gran empresa alemana ThyssenKrupp, para uso en su planta de producción siderúrgica, situada en Duisburg, Alemania. Los conmutadores de seguridad amGard AutoLok controlan el acceso al área de la planta de nuevos hornos Schwelgern para la fundición del mineral de hierro. Estos modernos hornos, parte de las instalaciones de KBS GmbH y su empresa asociada ThyssenKrupp Steel AG, que iniciaron su producción en 2003, producen aproximadamente 2,5 millones de toneladas al año.

El enclavamiento AutoLok es un producto de la gama de conmutadores resistentes para puertas de

seguridad que ofrece amGard para uso industrial. Cuenta con una fuerte lengüeta de acero que mantiene cerrada la puerta de acceso cuando las máquinas están funcionando. La lengüeta es operada por medio de un sistema de solenoide situado en el interior de la unidad, y no se retira del enclavamiento hasta que los operarios hayan detenido la máquina y haya pasado el tiempo de desaceleración necesario, lo cual interrumpe los conductos del circuito de seguridad. Se activa el solenoide, que forma parte integral del sistema, encendiéndose en la unidad un diodo luminoso amarillo para indicar que se puede desactivar el actuador, y que el operario puede abrir la puerta de seguridad. Al retirar la lengüeta, se enciende un diodo luminoso rojo.

Un portavoz de ThyssenKrupp señaló lo siguiente: "Nuestra primera prioridad es proteger la seguridad de nuestros trabajadores. Al usar el sistema amGard, se elimina el riesgo de que se produzca algún peligro por haberse cometido algún error, y es un alivio enorme saber que nuestros trabajadores cuentan con un sistema de seguridad para su protección". El sistema AutoLok es especialmente apropiado para máquinas a las cuales es necesario tener acceso rápido y frecuente por medio de puertas de bisagra o corredizas. Incorpora un resistente mecanismo a prueba de manipulación que permanece intacto, aún en ambientes muy exigentes. Tanto el cabezal como la lengüeta pueden girar en 90° a la vez, y la lengüeta tolera errores de alineamiento de ± 12 mm. Los enclavamientos AutoLok son apropiados para funciones de alto riesgo, categoría 4.



Tecno Disseny, preseries y prototipos en material final

SOLUCIONES TECNO DISSENY PARA 25-500 PIEZAS Y 500-5000. MATERIALES: ABS, PP, PA, POM, PMMA, ...

Una vez más, Tecno Disseny aporta soluciones a las necesidades del mercado.

Los procesos de desarrollos propios TD25inyección y TD500inyección investigados durante largo tiempo, culminan en una interesante oferta de nuevos servicios para obtener prototipos y preseries en buen material.

La compañía ofrece la posibilidad de poder disponer en un corto plazo de tiempo (3-6 semanas) de pequeñas y medianas cantidades de piezas construidas en el material termoplástico final y realizadas por inyección.

Este nuevo servicio de Tecno Disseny permite la validación, el análisis y la homologación de piezas inyectadas en las mismas condiciones y materiales con que serán fabricadas en el momento de su industrialización en serie.

Los procesos y servicios ofrecidos permiten obtener de 25 a 500 piezas y de 500 a 5.000 piezas aproximadamente.

Cualquiera de los dos procesos, ofrecen la posibilidad de conju-

gar diferentes técnicas aplicadas a los moldes de inyección tradicionales, acelerando la entrega del producto final.

Entre los diferentes procesos destacamos la inyección de sobremoldeados, donde resalta una amplia lista de posibilidades: insertos y estructuras metálicas, diferentes materiales plásticos, componentes eléctricos, etc.

Otra posibilidad del proceso es el grabado de superficies para la obtención de una gama amplia de texturados en el producto final.

Con los procesos TD25inyección y TD500inyección se manifiesta una vez más la respuesta de Tecno Disseny ante una necesidad del mercado.



Lijado de gran potencia con GRIT GI y GRIT GX

La empresa C. & E. FEIN GmbH presenta su nuevo programa de lijadoras de cinta para la industria de elaboración de metales bajo la marca GRIT by FEIN: GRIT GI. A principios de 2006, ya se introdujo con éxito el concepto de lijadoras para artesanos y explotaciones pequeñas GRIT GX. Los dos programas de lijadoras se han diseñado de forma modular, gracias a lo cual pueden reajustarse y ampliarse rápidamente. El sistema modular es único en este sector y supone importantes ventajas: por un lado, el comercio especializado necesita menos espacio de almacenamiento, y por el otro, los usuarios se aprovechan de su gran flexibilidad. Además, reduce los costes de adquisición, ya que sólo se invierte en módulos que realmente se utilizarán. Esto hace que se diferencie claramente de la competencia. El programa de lijadoras de alta potencia dispone, gracias a la gran variedad de posibilidades de combinación, de una amplia gama de módulos sin igual. Asimismo, cumple con los requisitos más estrictos de las empresas industriales para la fabricación en serie: en este caso, es posible tanto un proceso de lijado económico como la reducción de los procesos de trabajo. Las nuevas máquinas también son muy potentes y fiables en el funcionamiento continuo.

Tanto si se trata de la construcción de aparatos y maquinaria, transformadores de acero fino, talleres de mantenimiento o construcción naval – las empresas industriales, gracias al sistema de lijadoras de cinta modulares de alta potencia, pueden cubrir toda la diversidad del lijado de metales. Desde el lijado basto hasta el acabado, pasando por el lijado de desmonte, lijado cilíndrico, rectificado (interiormente), desbarbado, biselado o rectificado plano, las máquinas lijadoras de cinta GRIT resultan adecuadas para cualquier tipo de aplicación. Como maquinaria básica puede elegirse entre varias variantes en dos anchos de cinta. Los pies de la máquina pueden adquirirse opcionalmente con una aspiración profesional. Las máquinas lijadoras de

cinta pueden ampliarse con módulos de lijado de radios, lijado cilíndrico y de lijado de superficies planas. Con el módulo «unidad móvil de lijado» (Schleifmobil), la lijadora de cinta puede utilizarse para trabajar en suelos – de este modo, por ejemplo, pueden quitarse soldaduras del suelo cómoda y eficazmente.

Además, ciertas máquinas especiales independientes también pertenecen al programa GI. Para piezas de trabajo pequeñas resulta muy adecuada la lijadora de cinta GI 100 como máquina de mesa – por ejemplo, para el montaje de vehículos. Esta lijadora puede adquirirse con uno o dos grados de velocidad. Al igual que la lijadora cilíndrica Centerless para tubos y la desbarbadora para desbarbar y pulir tubos, perfiles o tubos cuadrados, que también puede utilizarse como máquina de mesa.

Asimismo, la marca GRIT by FEIN suministra accesorios adecuados de alta calidad. La empresa filial FEIN danesa produce en serie un total de tres modelos de productos para lijar en una de las instalaciones más modernas. Las cintas de lija de GRIT destacan por su elevada potencia abrasiva y la larga durabilidad superior al promedio. En la serie A (rojo marrón), lo que más destaca es la mejora en la calidad de la superficie. La serie Z (azul) dispone de resistentes granos abrasivos de corindón circón, que garantizan una elevada duración de la herramienta. Para operaciones de lijado extremas, como el recorte de materiales de resistencia elevada, se ha desarrollado la serie R. La serie R se caracteriza por la multifijación adicional así como por una base de poliéster excepcionalmente estable para una máxima duración. Con estos materiales abrasivos de alta calidad y los accesorios, ofrece un completo programa profesional para el procesamiento de metales y acero fino en un sólo paso.

GRIT complementa a la perfección el programa de productos FEIN actual en el segmento de mercado de los metales.

Las aplicaciones industriales del aluminio y el desarrollo sostenible, en TransAL 08

España, Francia y Canadá, o lo que es lo mismo, las capitales de la industria del conformado y de la producción del aluminio primario, se han unido para organizar el mayor evento internacional en torno a las aplicaciones del aluminio y el desarrollo sostenible, el Congreso TransAL 08.

La ciudad de Biarritz, situada en la costa vasca, acogerá del 22 al 25 de junio de 2008 este Congreso fruto de la cooperación entre TECNALIA Corporación Tecnológica (España), el Centro francés de Desarrollo de las Industrias de Conformado de Materiales (CTIF, Francia) y el Centro de Investigación y de Desarrollo del Aluminio (CQRDA, Canadá).

Cada día se conocen nuevos datos sobre esta importante cita internacional, entre ellos, el nombre del que será el Presidente de Honor del congreso, M. Jean Roch Guisresse, director de la Escuela ESTIA (Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées) de Bidart.

El congreso dará a conocer las últimas innovaciones tecnológicas en este campo y las aplicaciones del aluminio en distintos sectores, especialmente en automoción, fundición, aeroespacial, construcción, energía y medio ambiente.

Los asistentes tendrán la oportunidad de descubrir las últimas innovaciones en el campo del conformado del aluminio.

Una treintena de conferencias ayudarán a tener una visión global de la situación actual, de los conoci-

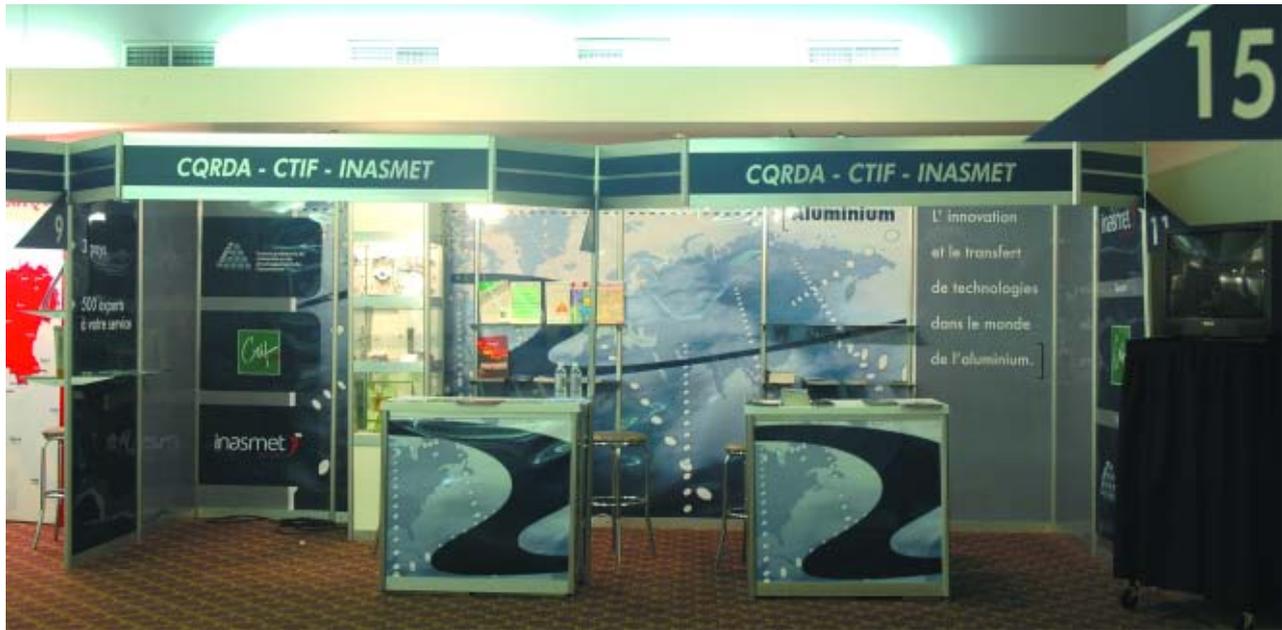
mientos existentes sobre el aluminio y su principal desafío: el desarrollo sostenible.

TransAL 08 contará con un importante lugar de encuentros para el intercambio de experiencias entre empresas canadienses y europeas.

El evento acogerá también una Feria que se celebrará, en paralelo con las ponencias, en la Sala Atlantique del Casino Bellevue un espacio de 700 m², con más de medio centenar de stands y zonas específicas que permitirán la interacción necesaria para dar lugar a la creación de nuevo proyectos de cooperación empresarial y que, sin la celebración de TransAL, tendrían difícil su plasmación. Por otro lado, las conferencias impartidas en Biarritz se complementarán con visitas a empresas vascas y francesas.

Las ponencias técnicas mostrarán su interés por las innovaciones medioambientales en la elaboración primaria y problemática del coste de la energía; el a-





luminio en la construcción; su reciclabilidad; la valorización de sus residuos como las virutas o polvos de fusión; la ligereza del aluminio y los transportes, su relación con las energías renovables, el Eco-diseño (automóvil), diseño y ergonomía de productos en aluminio o las nuevas tecnologías de conformado.

Eurofond

Las tres entidades organizadoras, TECNALIA, CTIF y CQRDA tienen una amplia experiencia en la realización de iniciativas conjuntas en apoyo del sector de la fundición a escala europea.

Entre ellas cabe destacar la organización del congreso bienal Eurofond, que este año 2008 se simulará con la celebración de TransAl.

Los tres centros de investigación han estado presentes en la edición de la feria europea GIFA (Düsseldorf), especializada en el sector de fundición, con un stand conjunto.

TECNALIA (España)

La Corporación Tecnológica TECNALIA es un agente de referencia en el mundo de la innovación tecnológica a nivel internacional. Tiene como objetivo contribuir al desarrollo del entorno económico y social, mediante el desarrollo y la difusión de la Investigación. Está presente en diversos campos de investigación y aplicación y en un amplio abanico

de mercados y sectores económicos. Inmersa en un proceso de especialización tecnológica sectorial, TECNALIA asiste anualmente a más de 3.500 empresas con las que colabora en múltiples proyectos, a través de sus 28 sedes repartidas por todo el mundo. Participa además con éxito en diferentes programas del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno Vasco, del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica y del VI Programa Marco Europeo.

CTIF (Francia)

El Centro de Desarrollo de las Industrias de Conformado de Materiales tiene como misión desde 1946 el apoyo y la innovación al sector de la fundición francesa. CTIF aporta a los industriales soluciones a medida en áreas como innovación de productos, optimización de procesos, asesoría técnica en materiales, formación personalizada y calidad medioambiental.

CQRDA (Canadá)

El Centro Quebequés de Investigación y de Desarrollo del Aluminio, se caracteriza por la transferencia de tecnología innovadora y agrupa a empresas relacionadas con el aluminio, fabricantes, usuarios y universidades. Constituido en 1993, tiene como misión contribuir a mejorar la competitividad del sector, mediante diversas iniciativas. Entre ellas, el impulso de las investigaciones con resultados que se pueden transferir a la industria.

El programa

Dos personalidades, una europea y otra canadiense, autoridades en sus respectivos campos, impartirán las conferencias plenarias sobre temas básicos del Congreso.

Una treintena de ponencias técnicas, seguidas de un amplio debate, se desarrollarán en paralelo en tres salas. Los temas que se abordarán girarán en torno a los siguientes temas:

- Las innovaciones medioambientales en la elaboración primaria y problemática del coste de la energía.
- El aluminio en la construcción: inalterabilidad, creatividad facilitada (forma y superficie), desarrollos en, por ejemplo, los marcos, ...
- Reciclabilidad del aluminio (construcción, desensamblaje de automóvil y de avión...).
- Valorización de los residuos de aluminio (virutas, polvos de fusión, ...)
- Ligereza del aluminio y transportes (cables del "A380", barco de alta velocidad, tranvía,...).
- Aluminio y energías renovables (innovación en los chasis de los paneles solares, ...).
- Eco-diseño (automóvil,...), diseño, ergonomía de productos en aluminio.
- Nuevas tecnologías de conformado (espumas de aluminio por vía líquida, etc).

Para clausurar el programa técnico se organizará una mesa redonda, dinamizada por los mejores expertos europeos y norteamericanos, que favorecerá el intercambio de opiniones, la generación de debates y el resumen de las conclusiones de lo desarrollado en las sesiones técnicas.

Los orígenes de TransAL 08

La primera edición del Congreso se celebró en octubre de 1999 en Jonquièrre (Québec) sobre el tema "El aluminio líquido y su conformado". Nacido de la voluntad de dos centros de investigación sobre los materiales metálicos, uno francés, CTIF, y el segundo quebequés, CQRDA, el Congreso TransAL permite a los dos Centros conjuntar sus fuerzas y "saber hacer" para organizar, cada tres años, un congreso internacional y francófono.

Lyon (Francia) acoge el segundo Congreso TransAL. Su foco de atención fue el aluminio y su conformado en caliente. Moldeo y forja.

Para su tercera edición, celebrada en Trois Rivières, en Québec, en junio del 2005, el tema central fue el del «Aluminio en el transporte y la construcción».

Para cada edición, las ponencias reunieron a cerca de 400 participantes procedentes, principalmente, de Europa y América del Norte.

La madurez

La edición de 2008 contará con 350 participantes, de los que un tercio serán quebequeses. Los debates se centrarán en «El aluminio y el desarrollo sostenible», dado que el aluminio es un metal fácil de reciclar.

TransAL 2008 integrará también otras dos manifestaciones: reunirá a la vez el congreso Eurofond, coorganizado por TECNALIA-Fundición y CTIF, que se celebra cada dos años, alternativamente en Francia y España, y las Jornadas de la Fundición, coorganizadas cada año por ATF (Asociación Técnica de Fundición francesa) y CTIF.

Biarritz, la confluencia de Francia y España

Después de Jonquièrre (Québec), Lyon (Francia), Trois Rivières (Québec), será Biarritz, ciudad balnearia y tradicionalmente pesquera de la costa vasca, la que acoge la celebración del próximo Congreso TransAL 2008.

En Biarritz se desarrollará la mayor parte del Congreso, por ser un lugar privilegiado que se beneficia de una ubicación geográfica excepcional.

Posee espacios para la celebración de congresos en lugares excepcionales, frente al mar, en edificios con auténtico encanto, instalaciones históricas excepcionales dotadas de altas prestaciones y medios.

El congreso TransAL 2008 se celebrará en dos de estos lugares de prestigio. Las ponencias plenarias, una parte de las sesiones técnicas y la Feria tendrán lugar en el Casino Bellevue. El resto de ponencias se celebrará en las salas Rhune. Un servicio de traducción simultánea permitirá seguir las ponencias sin dificultad en francés, castellano e inglés.

Criterios para el diseño de revestimientos que contactan con fluidos a elevadas temperaturas

Por Miguel Ángel Barbés Fernández; Érika Marinas García; María Florentina Barbés Fernández; Ángel Alfonso Fernández y Luis Felipe Verdeja González.
Universidad de Oviedo. ETSIM de Oviedo. Grupo de Investigación SID-MET-MAT

RESUMEN

Se revisa el criterio clásico para el diseño de espesores y soleras refractarias a través de los conocidos mapas de elección y selección de materiales. A su vez, se propone un nuevo criterio para determinación de espesores basado en la corrosión controlada de los materiales.

Palabras clave: *Diseño, Refractarios, Corrosión.*

1. INTRODUCCIÓN

La mejor selección de materiales para una determinada aplicación se ha de realizar con el asesoramiento de una persona con dilatada experiencia en el área. Por el momento, no existe en el mercado ningún programa de ordenador (sistema experto) que pueda combinar la experiencia del ingeniero con una importante base de datos para metales, cerámicos, polímeros y compuestos.

En general, el proceso de elección y selección de materiales para una determinada aplicación consta de cinco etapas:

Primera Etapa: Identificar el objetivo del diseño y concretar las posibles restricciones que tengan que realizarse.

Segunda Etapa: Obtener una expresión que permita identificar las propiedades que se quieran optimizar (maximizar o minimizar).

Tercera Etapa: Utilizar las propiedades que se mues-

tran en las bases de datos disponibles y seleccionar una lista de materiales que permitan alcanzar los objetivos identificados en el apartado segundo.

Cuarta Etapa: Comparar los materiales seleccionados teniendo presente la cantidad, tamaño, forma o acabados disponibles en el mercado, así como las posibilidades de reciclado o los costes derivados del almacenamiento por su posible carácter biotóxico.

Quinta Etapa: Finalmente, se elige el material preferido en función de su coste.

Para seleccionar el material se puede usar el método de "tratamiento sucesivo". Consiste en agrupar los materiales en varios conjuntos en función de los objetivos específicos de diseño, de manera que se elige el material que aparezca en un número mayor de conjuntos.

Para el caso que se está estudiando, el objetivo sería optimizar la resistencia agrupando los materiales según:

- Mínimo peso.
- Mínima corrosión.
- Mejor comportamiento a la fatiga térmica.
- Mínimo coste.

Se selecciona el material que aparezca en un mayor número de estos cuatro grupos.

Cuanto más grupos se hagan y cuanto más restrictivos sean éstos, el método será más preciso.

Sin embargo, podría ocurrir que no hubiera ningún material que cumpliera todas las condiciones. Por tanto, habrá que alcanzar una situación de compromiso.

Una alternativa al “tratamiento sucesivo” sería atribuir distintos “factores de peso” para cada una de las propiedades intrínsecas objeto del diseño. Se puede recurrir a algún algoritmo (utilizando por ejemplo un programa de ordenador), que facilite la elección final del material (aquel que alcance la máxima puntuación) en función de tres o más propiedades seleccionadas. Estas propiedades se ponderan con un “factor de peso” en función de la importancia que se tengan (1 a 4).

2. DISEÑO CLÁSICO DE ESPESORES

El problema que se plantea a los ingenieros cerámicos para determinar el espesor del conjunto de materiales más adecuados para la construcción de paredes y soleras de hornos, ha sido tradicionalmente abordado a través del análisis de las pérdidas de energía de los revestimientos (5).

A lo largo del tiempo de operación de un horno, se han de considerar dos términos energéticos: acumulación de calor ($J_{Q,a}$) y pérdidas de energía por conducción ($J_{Q,c}$). El término $J_{Q,c}$ hace referencia a la energía por unidad de superficie que se disipa al medio ambiente en cualquier instante del proceso, mientras que el término $J_{Q,a}$ está relacionado con la acumulación de calor por la mampostería refractaria. En procesos continuos de larga duración, la influencia de $J_{Q,a}$ frente a $J_{Q,c}$ puede considerarse como despreciable. Sin embargo, en tratamientos discontinuos de corta duración el peso de los términos de acumulación y de conducción vienen a ser equivalentes.

Por un lado, la acumulación de calor por unidad de área se identifica con la expresión:

$$J_{Q,a} = c_p \rho_g w \left(\frac{T_f - T_o}{2} \right) \quad [1]$$

Por otra parte, las pérdidas de energía por conducción son:

$$J_{Q,c} = \lambda \left(\frac{T_f - T_o}{w} \right) t \quad [2]$$

donde,

c_p es el calor específico a presión constante.

ρ_g es la densidad global.

λ es la conductividad térmica.

w es el espesor de la pared refractaria.

t es el tiempo.

T_f es la temperatura en régimen estacionario en la intercara del fluido caliente.

T_o es la temperatura del medio ambiente.

La suma de las ecuaciones [1] y [2] es:

$$J_T = c_p \rho_g w \left(\frac{T_f - T_o}{2} \right) + \lambda \left(\frac{T_f - T_o}{w} \right) t \quad [3]$$

J_T representa la energía total por unidad de superficie que puede disipar el revestimiento refractario (ecuación objetivo para el diseño de los materiales). El mínimo de energía se obtendría igualando a cero la derivada de J_T con respecto al espesor (w) en la ecuación [3]. Como resultado de la operación anterior se obtendría el espesor óptimo de los revestimientos que se identificaría con la igualdad:

$$w = \left(\frac{2 \lambda t}{c_p \rho_g} \right)^{1/2} \quad [4]$$

Una expresión idéntica a la [4], se obtiene asumiendo que el espesor óptimo de la mampostería refractaria sería aquel que se obtendría como consecuencia de la identificación de $J_{Q,a}$ (ecuación [1]) con $J_{Q,c}$ (ecuación [2]):

$$c_p \rho_g w \left(\frac{T_f - T_o}{2} \right) = \lambda \left(\frac{T_f - T_o}{w} \right) t$$

$$w^2 = \frac{2 \lambda t}{c_p \rho_g} \quad \text{y, por la tanto,} \quad w = \left(\frac{2 \lambda t}{c_p \rho_g} \right)^{1/2}$$

Por otra parte, sustituyendo el resultado de la ecuación [4] en la [3], se alcanza la siguiente expresión para el calor total por unidad de superficie (J_T):

$$J_T = (T_f - T_o)(2t)^{-1/2} (\lambda c_p \rho_g)^{1/2} \quad [5]$$

De acuerdo con el criterio de diseño clásico de espesores (mínima pérdida de energía), se debería elegir una disposición de materiales que haga que los valores de J_T de la ecuación [5] sean mínimos. Para ello se buscará seleccionar el material más adecuado de entre todos aquellos que alcancen un valor máximo de I_T (índice térmico del material):

$$I_T = \frac{1}{\sqrt{\lambda c_p \rho_g}} \quad [6]$$

Teniendo presente que la difusividad térmica (a) es igual:

$$a = \frac{\lambda}{c_p \rho_g} \quad [7]$$

Sustituyendo el valor del calor específico por uni-

dad de volumen a presión constante del material de la ecuación [7] en la [6]:

$$I_T = \frac{a^{1.2}}{\lambda} \quad [8]$$

Aplicando logaritmos a la ecuación [8], Figura 1:

$$\log \lambda = \frac{1}{2} \log a - \log I_T \quad [9]$$

La ecuación de la recta desarrollada por la expresión [9], Figura 1, representa el lugar geométrico de todos aquellos materiales que alcanzan un mismo valor para I_T .

3. NUEVOS CRITERIOS DE DISEÑO

Todos los fundamentos y propiedades que a día de hoy se precisan para el diseño de revestimientos de hornos han sido considerados de forma resumida a lo largo de los dos primeros capítulos del trabajo.

Ahora ha llegado el momento de preguntarse, cuál es el criterio que hay que manejar cuando el espesor del revestimiento varía con el tiempo debido a la interacción química de los fluidos con los materiales. El criterio clásico que hasta ahora se ha venido utilizando en la elección y selección de materiales que contactan con fluidos corrosivos ha sido el de encontrar un material, generalmente utilizando pruebas de corrosión a escala de laboratorio, que pueda garantizar idealmente la nula corrosión de los revestimientos. La elección final se concreta en aquel material capaz de manifestar un mínimo desgaste

frente a los fluidos corrosivos, (6) y (7). En la mayoría de los casos no es posible trabajar con propuestas de desgaste cero. Por esta causa, el espesor final de los revestimientos no ha de ser inferior a un valor de seguridad (normalmente, comprendido entre 40% y 50% del espesor inicial) que garantice la ausencia de perforaciones en la instalación.

No obstante, se puede uno preguntar qué podría ocurrir si el fluido corrosivo ataca de forma controlada; o si durante el transcurso del proceso de ataque se manifiesta una paulatina disminución de la velocidad de corrosión, llegando incluso a paralizarse el desgaste del refractario. Para responder a estos interrogantes, se debería afrontar el proceso de desgaste químico (controlado por la difusión o por la propia reacción química) no como un fenómeno perjudicial para el proceso, sino como una herramienta de utilidad para el incremento de la productividad de la instalación, así como para el diseño de espesores.

Si, para un conjunto formado por el fluido corrosivo y el material del revestimiento, se ha podido tener conocimiento de cómo puede evolucionar la velocidad de corrosión del refractario con el tiempo que permanecen en contacto con el medio agresivo, surge un nuevo criterio para el diseño de espesores apoyado en el incremento del volumen útil de la instalación consecuencia de la degradación de la estructura refractaria.

Efectivamente, durante el proceso de corrosión controlada de la solera de un horno, conforme progresa el desgaste, el volumen útil de la instalación y la capacidad de producción aumentan. Si se atribuye un

coste específico a la unidad de materia producida ($C_e^{fundido}$) se puede obtener, a partir de la disminución del espesor (Δ_w) el correspondiente incremento de la producción por unidad de superficie y finalmente, la valoración en euros del aumento de la productividad por unidad de área del revestimiento. Por otra parte, la pérdida de calor a través de las paredes por unidad de área se puede transformar en un cos-

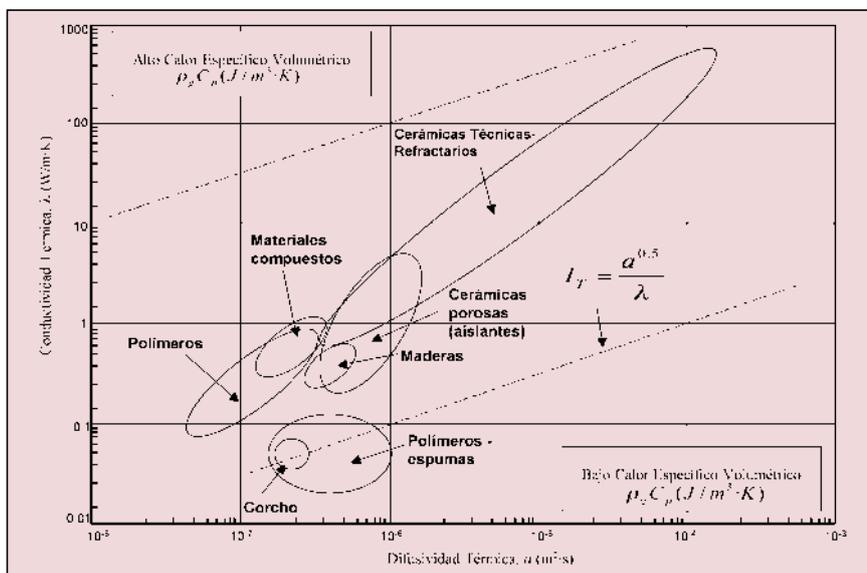


Figura 1. Mapa de conductividad - difusividad térmica para el diseño y selección de materiales.

Temperatura del fundido, T_f	1500 °C
Temperatura de la zona fría del refractario, T_0	50 °C (refrigeración con agua)
Velocidad de corrosión lineal del refractario, v_{corr}	4,23 · 10 ⁻⁵ m/s
Espesor inicial de las paredes, w_0	4,00 m
Coste específico de la energía, $C_e^{energía}$	1,00 Euros/GJ
Coste específico del fundido, $C_e^{materia}$	0,18 Euros/kg
Densidad del fundido, ρ_f	7000 kg·m ⁻³
Calor específico a presión constante del refractario, c_p	704 J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹
Conductividad térmica media del refractario, λ	10 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹
Densidad global del refractario, ρ_r	2000 kg·m ⁻³

Tabla I. Condiciones operativas del material refractario (similares a las que se podían producir en el fondo del crisol del alto horno refrigerado con agua, (8)).

te por unidad de superficie, cuando se dispone de la valoración del precio de la energía (calor) disipada (Euros/GJ) por la instalación ($C_e^{energía}$).

Se propone, por lo tanto, un novedoso criterio para el diseño de mamposterías en aquellos equipos que trabajan con fluidos corrosivos a elevadas temperaturas, apoyado tanto por la valoración de las pérdidas de calor como por el aumento de la productividad de la instalación. La valoración de las pérdidas de calor por unidad de área se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$J_{Q, \text{dis}} (C_e^{energía}) \text{ en Euros m}^{-2} = \lambda \left(\frac{T_f - T_0}{w_0 - v_{corr} t} \right) t (C_e^{energía}) \quad [10]$$

donde,

w_0 es el espesor inicial de refractario

v_{corr} es la velocidad de corrosión lineal del refractario

Por otra parte, las utilidades generadas como consecuencia del incremento de la producción se podrían obtener a través de la siguiente igualdad:

SOFTWARE: modelado 3D, CAD, CAM, CAE, PDM, VR. MATERIALES Y COMPONENTES: modelaje, prototipado rápido, composites y poliéster, placas y metales mecanizables, espumas mecanizables, adhesivos, moldeo y fundición, metales en general, plásticos en general, yesos cerámicos, herramientas especiales, otros componentes, otros materiales. EMPRESAS DE SERVICIOS: diseño de producto, ingeniería de diseño, ingeniería de procesos, consultoría, modelos y prototipos. INDUSTRIA AUXILIAR: moldeo de precisión (AF), plásticos reforzados (RTM), RIM, fabricación directa de moldes, inyección de plástico, electroerosión, termoconformado, y mecanizados (incluido MAV), matricería y troquelados, termo-caldas bajo vacío de resinas, digitalización 3D, mediciones dimensional, técnicas de moldeo, fundición, tratamientos térmicos, otros tratamientos, litografía. ENTIDADES: empresas tecnológicas, organizaciones empresariales, G. Regionales, asociaciones, administraciones públicas, universidades, centros de formación. MAQUINARIA: máquinas, herramientas, maquinaria para extrusión y husillos. FOTODESIGN, INTERMOLDE, OFTMO, OFTMOFTWARE, modelado 3D, CAD, CAM. MATERIALES Y COMPONENTES: prototipado rápido, composites y poliéster, placas y metales mecanizables, espumas mecanizables, moldeo y fundición, metales en general, plásticos en general, yesos cerámicos, herramientas especiales, otros componentes, otros materiales. EMPRESAS DE SERVICIOS: diseño de producto, ingeniería de diseño, ingeniería de procesos, consultoría, modelos y prototipos. INDUSTRIA AUXILIAR: moldeo de precisión (AF), plásticos reforzados (RTM), RIM, fabricación directa de moldes, inyección de plástico, electroerosión, termoconformado, y mecanizados (incluido MAV), matricería y troquelados, termo-caldas bajo vacío de resinas, digitalización 3D, mediciones dimensional, técnicas de moldeo, fundición, tratamientos térmicos, otros tratamientos, litografía. ENTIDADES: empresas tecnológicas, organizaciones empresariales, G. Regionales, asociaciones, administraciones públicas, universidades, centros de formación. MAQUINARIA: máquinas, herramientas, maquinaria para extrusión y husillos. FOTODESIGN, INTERMOLDE, OFTMO, OFTMOFTWARE, modelado 3D, CAD, CAM. MATERIALES Y COMPONENTES: prototipado rápido, composites y poliéster, placas y metales mecanizables, espumas mecanizables, moldeo y fundición, metales en general, plásticos en general, yesos cerámicos, herramientas especiales, otros componentes, otros materiales. EMPRESAS DE SERVICIOS: diseño de producto, ingeniería de diseño, ingeniería de procesos, consultoría, modelos y prototipos. INDUSTRIA AUXILIAR: moldeo de precisión (AF), plásticos reforzados (RTM), RIM, fabricación directa de moldes, inyección de plástico, electroerosión, termoconformado, y mecanizados (incluido MAV), matricería y troquelados, termo-caldas bajo vacío de resinas, digitalización 3D, mediciones dimensional, técnicas de moldeo, fundición, tratamientos térmicos, otros tratamientos, litografía.

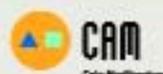
DEL 7 AL 9 DE MAYO



IDINOVA //
FERIA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Pabellón I

**HORARIO (de: 10:00 a 20:00 h.
Último día de 10:00 a 19:00 h.**



N.º 340, Km 731. 03200 Elche (Alicante)

Tel. 96 665 76 00 · Fax. 96 665 76 30

www.feria-alicante.com

$$\Delta P_{corr} \text{ en Euros}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$= \Delta w_{cor} \rho_f C_e^{fundido} = v_{cor} t \rho_f C_e^{fundido} \quad [11]$$

El diseño óptimo del espesor sería aquel para el cual, a lo largo de toda la vida operativa de la instalación, los valores resultantes de la ecuación [11] se puedan identificar con los correspondientes a la ecuación [10], a los cuales se tendría que sumar los de la acumulación de calor en el revestimiento ($J_{Q,a} C_e^{energía}$).

Cuando las variables operativas de una instalación son las que se muestran en la Tabla I, a través de la Tabla II, se describe la valoración de la acumulación y pérdida de energía a través de la unidad de superficie, así como la correspondiente estimación económica derivada del aumento de la productividad, en función del tiempo de operación (8).

Aunque es muy difícil que, a lo largo de la vida operativa de la instalación, para cada uno de los tiempos se pueda verificar la igualdad:

$$\Delta P_{corr} = (J_{Q,z} + J_{Q,a}) C_e^{energía} \quad [12]$$

La condición suficiente para calcular el espesor del revestimiento, sería aquella para la cual, los valores de ΔP_{corr} de la ecuación [12] se viesen compensados a lo largo de la vida operativa, aunque existiera algún intervalo de tiempo donde:

$$\Delta P_{corr} < (J_{Q,z} + J_{Q,a}) C_e^{energía}$$

IV. CONCLUSIONES

La corrosión controlada de los revestimientos refractarios en contacto con fluidos corrosivos, podría dejar de convertirse en un molesto inconveniente de numerosas operaciones y procesos metalúrgicos, para situarse como una alternativa para aumentar las expectativas futuras de productividad de las instalaciones, así como en una herramienta básica para determinar los espesores de paredes y soleras refractarias.

Frente al diseño clásico de espesores, se propone un nuevo criterio cuyo fundamento radica en identificar el coste económico de la acumulación y pérdidas de calor por unidad de superficie, con el provocado por el aumento de la productividad de la instalación, consecuencia de la corrosión controlada de la mampostería refractaria.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo quieren agradecer al Ministerio de Educación y Ciencia-España (MEC): MAT2003-00502, al Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación (MAEC): MAEC-AECI-B/1629/04; B/2884/05; B/5814/06, al Grupo Saint-Gobain C.R.E.E.-Cavaillon Cedex-Francia y al I+D+I de Arcelor-Mittal de Avilés, la ayuda y colaboración facilitada para la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Clark, D. E.; Folz, D. C.; McGee, T. D. (2002): An introduction to Ceramic Engineering Design (Materials Selection). The American Ceramic Society, Ohio, EE.UU, pp. 58-83.
2. Verdeja, L. F. (1993): Elección y selección de materiales avanzados en ingeniería. Revista de Minas, No. 8, 47-57.
3. Huerta, M^a. A. y Verdeja, J. I. (1995): Materiales tradicionales y avanzados. Revista de Minas, No. 11-12, 81-91.
4. Pero-Sanz, J. A. (2006): Ciencia e Ingeniería de Materiales. Estructura, transformaciones, propiedades y selección. Dossat-2000, 5^a edición, Madrid.
5. Richerson, D. W. (1982): Modern Ceramic Engineering. Properties, Processing and Use in Design. Marcel Dekker, New York, EE.UU, pp. 377.
6. Verdeja, L. F.; Parra, R.; Barbés, M^a. F.; Goñi, Ch.; Bazán, V. (2005): "Application of the nodal wear model to the static finger test of refractories corrosion". Steel Grips, 3 [2], 105-110.
7. McCauley, R. A. (1995): Corrosion of Ceramics. Marcel Dekker, Nueva York, EE.UU. 10-36.
8. Sancho, J. P.; Verdeja, L. F. y Ballester, A. (2000): Metalurgia Extractiva: Procesos de obtención, Síntesis, Madrid pp. 55-70.

Tiempo de operación (años)	$J_{Q,z} C_e^{energía}$ (Euros·m ²)	$J_{Q,a} C_e^{energía}$ (Euros·m ²)	ΔP_{corr} (Euros·m ²)
0.50	4.02	58,13	84,00
1.00	3.95	118,26	168,00
2.00	3.81	244,97	336,00
3.00	3,67	381,06	504,00
5.00	3.40	685,91	840,00
7.00	3,13	1043,77	1176,00
9.00	2,86	1469,80	1512,00
11.00	2,59	1985,52	1848,00
13.00	2,31	2622,59	2184,00
15.00	2,04	3429,54	2520,00

Tabla II. Valoración de las pérdidas de energía, acumulación de energía y aumento de la productividad en función del tiempo de operación, para un revestimiento refractario en contacto con el fluido corrosivo bajo las condiciones indicadas por la Tabla I.



smagua
2008



**18 SALÓN INTERNACIONAL
DEL AGUA**

8 SALÓN DEL MEDIO AMBIENTE

**11-14
marzo/2008**

**ZARAGOZA
(España)**

**1.582 EXPOSITORES DE 38 PAÍSES
28.791 VISITANTES PROFESIONALES DE 60 PAÍSES**

*DATOS SMAGUA 2006

**EL MAYOR ESCAPARATE TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA
DEL AGUA**

organiza:



Tel. (+34) 976 764 765
Fax (+34) 976 300 924
smagua@feriazaragoza.es
www.smagua.es



Fundición de piezas escultóricas con moldeo en cascarilla cerámica utilizando modelos perdidos y pinturas refractarias

Por Sorroche Cruz, A.; Lozano Rodríguez, I.; Durán Suárez, J. A. y Peralbo Cano, R.
Departamento de Escultura. Universidad de Granada

INTRODUCCIÓN:

Nuestra propuesta presenta nuevos métodos de trabajo en la fundición, que por su simplificación procesual, adaptación al desarrollo tecnológico, aportación de nuevos materiales combinados, y sobre todo, la calidad en el resultado de las piezas, en nuestro caso escultóricas, suponen un avance en este campo.

La historia del hombre ha ido inevitablemente ligada a la técnica. Desde su origen, ha utilizado los elementos disponibles a su alrededor, como ha sido el caso de los metales.

Es necesario pensar en estos primeros pasos, para entender el desarrollo y aportación que la fundición contemporánea hace al proceso de la fundición a la cera perdida. Hoy surgen nuevos materiales como alternativa, que no desplazan a esta técnica tradicional, sino que la toman como base para el desarrollo de los actuales.

Esta alternativa que proponemos, desarrollada por la práctica directa, materializa posibilidades técnicas y procesuales que aportan calidad e inmediatez respecto a los procesos tradicionales.

La industria de los últimos siglos, adaptándose al avance actual, desarrolla una metalurgia activa, con la incorporación de nuevos productos que mejoran los sistemas de producción. Nuestra tarea pues, es ofrecer las claves de tres materiales relativamente nuevos, que apoyándose en la fundición tradicional, son compatibles y se unen en un mismo método.

Los tres materiales que utilizamos en nuestra propuesta son los siguientes:

El Poliestireno Expandido, un material de carácter efímero, termoplástico y con escasa historia artística, lo incorporamos al ámbito de la fundición artística desde sus inicios como modelo de fundición. Surge con la patente presentada por H.F. Shroyer en 1958 en el Instituto Tecnológico de Massachusetts.

La cascarilla cerámica, un método alternativo que se adapta a los nuevos materiales de moldeo y la tecnología actual, simplificando y mejorando el proceso de fundición.

La pintura refractaria que se aplica en la industria, normalmente sobre moldes de fundición. Nosotros la proponemos directamente sobre los modelos de poliestireno expandido, que actúa de barrera física y química.

1. METODOLOGÍA

Origen de los métodos de trabajo:

Estos nuevos procesos tienen su punto de arranque en los inicios en la metalurgia: la técnica de fundición a la cera perdida y los primeros moldes de fundición por revestimiento cerámico.

El método consiste en hacer operativos estos sistemas tradicionales, adaptándolos a los nuevos materiales, es decir:

Sustituir la cera por el Poliestireno expandido.

Hacer compatible la cascarilla cerámica con la pintura refractaria aplicada al modelo.

Con todo ello, proponemos la combinación de materiales: el PE y la pintura refractaria, y en nuestro caso, con moldeo a la cascarilla cerámica.

2. MATERIALES NUEVOS: antecedentes

2.1 EL POLIESTIRENO EXPANDIDO

Su origen lo encontramos hace 3.000 años AC, en una sustancia que los egipcios utilizaban para embalsamar a los cadáveres y preservarlos en el más allá; la resina de un árbol oriental, el ámbar líquido.

Posteriormente en 1870 científicos ingleses destilaron la resina de ámbar líquido para obtener finalmente Styra, un fluido del que años después científicos franceses consiguieron aislar la molécula de estireno, antecedente directo del PE.

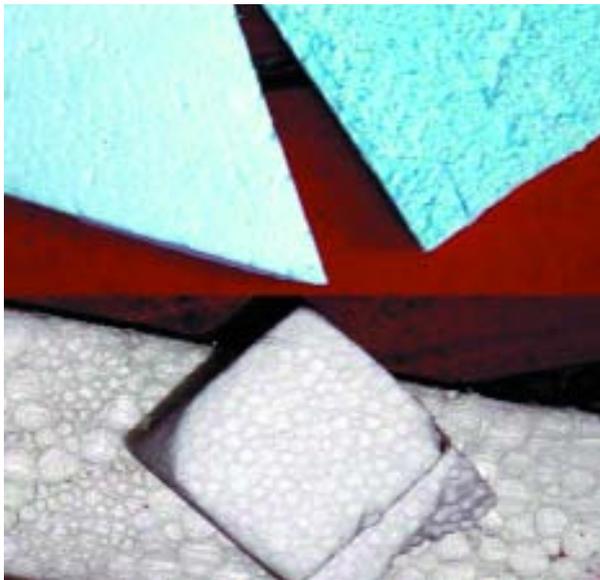


Figura 1. Poliestireno Expandido.

En 1925 varios químicos alemanes logran ensamblar moléculas de estireno en un proceso que llamaron polimeración y al polímero resultante se llamó poliestireno.

El Dr. Stastny realiza la primera expansión de PE estableciendo las bases de la nueva industria. Durante estos primeros años se sometió a pruebas y verificaciones para comprobar las propiedades del material.

Es en la II Guerra Mundial cuando aparece el interés por los plásticos, promovido por numerosas investigaciones de empresas americanas, como un material aislante de gran resistencia al choque. Está formado por un 2% de materia y un 98% de aire y presenta unas excelentes propiedades para usarse en fundición.

Sus propiedades más características vienen dadas por la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE):

- 100% reciclable.
- Resistente al envejecimiento.
- Aislante térmico frente al calor y frío.
- Ofrece versatilidad y facilidad de conformado tanto con máquinas de corte por hilo caliente como con herramientas manuales, así como compatibilidad con adhesivos.
- Resistente a la humedad, no es higroscópico.
- Resistencia mecánica y amortiguación de impactos.
- Carácter higiénico, no enmohece ni se descompone.
- Muestra estabilidad dimensional frente a cambios de temperatura.
- Con gran ligereza, aspecto fundamental como modelo de fundición.
- Su carácter gasificable. Expuesto a temperaturas superiores a 80°C se contrae y desaparece con la entrada del metal fundido, de ahí la inmediatez e innovación del procedimiento: colada en molde lleno, ya que no requiere evacuación ni horneado previo del modelo.

2.2 LA CASCARILLA CERÁMICA

Surge con los primeros moldes de fundición por revestimiento cerámico sobre modelos de cera. En estos primeros descubrimientos (Gussage. Edad del Hierro) encontramos los modelos recubiertos con varias capas de tierra humedecida mezclada con fibras, pelos... formando el conjunto del molde.

Actualmente, ese revestimiento ha evolucionado paralelamente a la aparición de nuevos materiales, en EE.UU en la industria dental de los años 30 y en la industria aeronáutica en los 40.

Posteriormente llega a Europa tras la II Guerra Mundial, incorporándose al ámbito de la fundición artística gracias a David Reid.



Figura 2. Barbotina cerámica.



Figura 3. Moloquita, grano fino.

En esta técnica de fundición por revestimiento, el modelo que tradicionalmente era de cera, se sustituye por PE. En su proceso de elaboración, es sumergido repetidas veces en una barbotina cerámica compuesta por un aglutinante (sílice coloidal), que da cohesión y plasticidad, y un refractario (moloquita).

Tras cada baño cerámico la pieza se estuca con moloquita de distintas granulometrías. Es durante el proceso de cocción cuando el molde de cascarilla adquiere ese carácter cerámico y lo hace resistente a la colada.

Esta técnica de moldeo presenta tres importantes ventajas para la fundición artística:

Su alta calidad de registro, justificada en las características de los materiales y su aplicación por ca-

pas, dentro de las técnicas de fundición de precisión.

Notable la ligereza del molde respecto a sistemas tradicionales aplicados a la cera.

Permeabilidad y porosidad de los materiales que permiten suprimir los respiraderos, lo que conlleva un menor retoque final de la pieza.

2.3 PINTURAS REFRACTARIAS

Aportamos este material para facilitar la separación entre el modelo y el molde. Ello supone un aspecto importante de nuestra propuesta.

La pintura está compuesta de un material refractario y un aglutinante al agua, que permite que actúe de barrera física y química entre el material del molde y el metal fundido, evitando así la oxidación producida por el contacto directo.



Figura 4. Modelo con pintura refractaria.

Lo incorporamos a la fundición artística por sus propiedades y ventajas en la obtención de piezas escultóricas.

Hemos comprobado su compatibilidad con el modelo y diversos tipos de adhesivos utilizados sobre él, así como con el moldeo de cascarilla cerámica.

Presenta un alto índice de refractariedad para soportar las altas temperaturas, permeabilidad y resistencia suficiente para permanecer estable durante todo el proceso de fundición.

En nuestra propuesta la pintura refractaria es aplicada directamente sobre el modelo de P:E, con ello conseguimos facilidad de desmoldeo y una mejora

del registro superficial, que favorece, aun más, el sistema de moldeo de la cascarilla.

4. NUESTRA PROPUESTA

Como resultado de la gran cantidad de pruebas experimentales realizadas, proponemos una nueva técnica de moldeo; "Fundición de modelos de PE con moldes de cascarilla cerámica y uso de pinturas refractarias".

Esta experimentación gracias a la compatibilidad de tres materiales: el PE, la cascarilla cerámica y la pintura refractaria, permite un proceso simplificado con posibilidad de abrir nuevas parcelas expresivas.

Presentamos a continuación un resumen de las imágenes que constituyen el proceso:



Figura 5. Pieza en Poliestireno con interacción de metal.



Figura 6. Pieza con aplicación de pintura refractaria.



Figura 7. Baño cerámico y estucado.



Figura 9. Cocción del molde. Alcance del estado cerámico.



Figura 10. Vertido del metal.



Figura 11. Desmoldeo de la pieza.

5. RESULTADOS

Consideramos necesario subrayar aspectos de los tres materiales que han hecho posible desarrollar una técnica concreta.

La utilización del PE se puede sintetizar en la inmediatez que supone no tener que eliminarlo previamente a la colada, dadas sus propiedades gisificas-

bles. Destaca así mismo, su ligereza y facilidad en la construcción de modelos.

La cascarilla cerámica aumenta la ligereza del conjunto y nos permite controlar el estado de la pieza durante todo el proceso, dada su aplicación por capas. La precisión conseguida mejora a los sistemas tradicionales.



Figura 12. Obra en metal fundido.

Las pinturas refractarias, estables durante el proceso, no sólo permiten su compatibilidad con los otros dos materiales, sino que simplifica aún más del proceso, aportando facilidad de desmoldeo y calidad superficial en la pieza definitiva.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ASM "METAL HANDBOOK vol.2 Properties and selection: Nonferrous Alloys and Special. Purpose Materials" 10ª Edición ASM Internacional (usa) 1990.
- METAL HANDBOOK (1988); "A.S.M. Metal Park". 9ª Ed. Volumen 15. Ohio.
- REID, DAVID: "The Reid Technique".
<http://c2i.net/metaphor/rt.html>
- SOROCHE CRUZ, ANTONIO (1998): "Nuevas Técnicas y nuevos materiales en la fundición escultórica actual". Granada.
- SOROCHE CRUZ, ANTONIO (1999): "Fusión e interacción de metales no férricos con la utilización de modelos gasificables de PE aplicados a la escultura", Universidad de Granada.
- TARTERA, J. "100 números de fundidores, 60 siglos de fundición", Fundidores nº 100 Octubre 2002 p 72-85.
- TARTERA, J. "Visión no convencional del moldeo de aleaciones de aluminio" (y parte II) Fundidores nº 144, Octubre 2007 p 44-47.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se enmarca dentro de las directrices de actuación del Grupo de Investigación HUM 629 de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Junta de Andalucía sin el cual no habría sido posible, así como Proyecto de Investigación MAT2006-0038, financiado por el MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA.

MOLD^{press}
 LA REVISTA DE MOLDES Y MATRICES

Con nuestros clientes y *Nadcap*
 llegaremos más lejos

Accredited *Nadcap*

Industrias Tej trabaja a la cabeza de los activos más importantes:
 • La utilización por plasma pulido en vacío
 • Moldeo de acero de última tecnología
 • Sus conocimientos académicos y experiencia en el campo metalúrgico

Industrias Tej
 Trabajamos Tecnología de Avance Global y Conocimiento Técnico

RODRIGO FUERTES AMELA
 PEDI: 777.770.000 - 8 0288
 Tel: 94 62 22 90 - Fax: 94 622 23 70

EMAIL: 2006@industriatej.com
 WEB: www.industriatej.com

SURFAS^{press}
 REVISTA DEL TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Equipos de chorreado en Seco

ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.

V. Casp. 19, 2º piso - 08011 Barcelona - Tel: 934 921 441 880 - Fax: 934 921 438 211
 E: info@abrasy.maquinaria.com - <http://www.abrasivosymaquinaria.com>

Influencia de la eficiencia del procesado de la arena de moldeo en verde en el desarrollo de su poder aglutinante y humedad

J. Expósito. Ex Director Técnico jubilado de Laviosa-Promasa

Se describen las recomendaciones a tener en cuenta para la recogida y preparación de las muestras de arenas de moldeo en verde y los principales factores que influyen en la Eficiencia o Rendimiento del procesado de dichas arenas.

A través de la construcción de gráficos como los que se indican en este trabajo, se puede observar el desarrollo de la Resistencia a la Compresión en Verde y del porcentaje de Humedad por cada 1% de Aglutinante Disponible, en función del porcentaje de Aglutinante Latente (este como medida de la Eficiencia del procesado).

Cada fundición debe realizar sus propios gráficos, para deducir a través de los mismos, estas propiedades desarrolladas en su sistema de arenas de moldeo en verde.

El desarrollo del poder aglutinante en las arenas de moldeo en verde, está estrechamente relacionado con la Eficiencia del procesado de la arena de moldeo en verde, expresada esta Eficiencia o Rendimiento, como el porcentaje de Aglutinante Latente contenido en la arena de moldeo, y que se obtiene mediante ensayos de empleo común en el control de estas arenas de moldeo en verde, como son:

- Porcentaje de Humedad.
- Porcentaje de Compactabilidad.
- Resistencia a la Compresión en Verde.

RECOGIDA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Al objeto de mejorar la fiabilidad y regularidad de

los ensayos, se deben observar las siguientes consideraciones en la recogida de las muestras:

Las muestras para el control de la arena de moldeo, deberán ser recogidas siempre en un mismo lugar, y preferiblemente cuando la arena entra en la caja de moldeo o a la entrada de la tolva que alimenta a la máquina de moldeo o bien en algún punto lo más cercano posible a dicha tolva, lo cual asegura que cada muestra representa en lo posible a la arena con la cual se ha preparado realmente el molde.

La cantidad de muestra debería ser de aprox. 4/5 Kgrs e introducida en un recipiente con un buen cierre, para ser trasladada al Laboratorio.

Si la arena de moldeo está a una temperatura > 40 °C (105 °F) y en especial cuando esta temperatura es > 49 °C (120 °F), se obtiene el hecho de que debido a la mayor tensión del vapor de agua en estas arenas de moldeo, cuando son introducidas en un recipiente cerrado, el agua emigra de la bentonita y se deposita sobre la parte exterior de la masa de arena.

Con esto se obtiene una reducción del porcentaje de Compactabilidad, aún cuando el porcentaje de Humedad en la muestra de arena no varía. Este fenómeno se acentúa a medida que aumenta el tiempo entre la introducción de la muestra en el recipiente y la realización de los ensayos, y con el aumento de la temperatura de la muestra.

Por ello, la realización de los ensayos en un mismo Laboratorio, se debería realizar lo antes posible y

con un retraso no superior a 1 hora entre la recogida de la muestra y la realización de los mismos.

Antes de proceder a la realización de los ensayos (a excepción del porcentaje de Compactabilidad, el cual será realizado sobre la muestra antes de ser tamizada), la muestra de arena debe ser tamizada a través de un tamiz de entre 4 a 5 mm de luz de malla, forzando suavemente con la mano a pasar la arena a través de dicho tamiz, y proceder con esta arena tamizada a realizar los ensayos pertinentes.

El pasar la arena por el tamiz, también nos permite el observar si la arena contiene elementos extraños, tales como residuos metálicos, de granalla, de machos, escorias, etc. en cantidad tal que pueda servir de alarma, en cuanto a posibles problemas en los electroimanes, tamices, etc.

Aún cuando es obvio, una buena y fiable información de la regularidad de las características de la arena de moldeo, sólo se obtiene, si los métodos empleados y los aparatos de ensayo, son adecuadamente mantenidos y comprobados y los tubos empleados para la confección de las probetas estén perfectamente pulidos y siliconados.

Cuando se desee comparar las características de las arenas de moldeo entre dos diferentes Laboratorios, se recomienda tener en cuenta lo siguiente: Las comparaciones se deben hacer al menos después de un tiempo suficiente para que las muestras de arena a ensayar entre ambos Laboratorios estén a la temperatura ambiente de cada Laboratorio, y además que los ensayos comparativos sean realizados simultáneamente en ambos Laboratorios.

DETERMINACIÓN DEL AGLUTINANTE DISPONIBLE, TRABAJADO Y LATENTE

AGLUTINANTE DISPONIBLE

El mismo nos indica la cantidad de materiales absorbentes de agua contenidos en la arena del sistema, incluyendo la bentonita total (activa, latente y quemada) más los aditivos equivalentes a ese mismo nivel de bentonita activa – si en la mezcla de arena sólo estuviera presente esta bentonita. No obstante, esto no significa que el resultado obtenido de bentonita activa por el método de Azul de Metileno, debería ser el mismo que el obtenido como Aglutinante Disponible.

La bentonita latente puede ser “activada” con principalmente más entrada de energía mecánica al mez-

clador / malaxador y/o aumentando los tiempos de permanencia en el mezclador / malaxador desde que se adiciona el agua hasta la descarga de la arena.

La bentonita “quemada” no da resistencias en verde, pero absorbe agua. Este valor de Aglutinante Disponible se determina por medio de la Resistencia a la Compresión y el porcentaje de Humedad.

DETERMINACIÓN DEL AGLUTINANTE DISPONIBLE

Porcentaje de Aglutinante Disponible, cuando la Resistencia a la Compresión en Verde se expresa en gr/cm².

$$= (1,316 \cdot \% \text{ Humedad}) + (0,001495 \cdot \text{R.C. Verde en gr/cm}^2)$$

Cuando la Resistencia a la Compresión en Verde se expresa en N/cm².

$$= (1,316 \cdot \% \text{ Humedad}) + (0,1523 \cdot \text{R.C. Verde en N/cm}^2)$$

Cuando la Resistencia a la Compresión en Verde se expresa en psi.

$$= (1,316 \cdot \% \text{ Humedad}) + (0,105 \cdot \text{R.C. en Verde en psi})$$

$$1 \text{ N/cm}^2 = 102,04 \text{ grs/cm}^2 \quad 1 \text{ psi} = 0,689 \text{ N/cm}^2$$

$$1 \text{ gr/cm}^2 = 0,0098 \text{ N/cm}^2 \quad 1 \text{ N/cm}^2 = 1,45 \text{ psi}$$

$$1 \text{ psi} = 70,30 \text{ gr/cm}^2$$

AGLUTINANTE TRABAJADO

Es este el aglutinante que realmente está produciendo Resistencias debido a la aglutinación de los granos de arena en las mezclas de arenas de moldeo.

Este valor da una estimación del nivel de absorbentes de agua, en la mezcla de arena equivalente a ese mismo nivel de bentonita activa, si en la arena de moldeo sólo estuviera presente la bentonita que está realmente aglutinando los granos de arena en la arena de moldeo.

Altas cantidades de Aglutinante Trabajado, indican un empleo más eficiente de la bentonita contenida en las arenas de moldeo. Este valor se obtiene por medio de la Resistencia a la Compresión en Verde y el porcentaje de Compactabilidad.

DETERMINACIÓN DEL AGLUTINANTE TRABAJADO

Porcentaje de Aglutinante Trabajado, cuando la Resistencia a la Compresión en Verde se expresa en gr/cm².

= (0,217 . R.Compresión en Verde) / 132,10 - % de Compactabilidad.

Cuando la Resistencia a la Compresión en Verde se expresa en N/cm².

= (22,17 . R. Compresión en Verde) / 132,10 - % de Compactabilidad.

Cuando la Resistencia a la Compresión en Verde se expresa en psi.

= (15,28 . R. Compresión en Verde) / 132,10 - % de Compactabilidad

EFICIENCIA O RENDIMIENTO DE PROCESADO

= % Aglutinante Trabajado . 100 / % Aglutinante Disponible

PORCENTAJE DE AGLUTINANTE LATENTE

= (% Aglutinante Disponible - % Aglutinante Trabajado) . 100 / % Aglutinante Disponible

ó

100 - % Eficiencia o Rendimiento de procesado

A igual porcentaje de Aglutinante Latente en un sistema de arenas de moldeo en verde, las Resistencias en Verde, varían en función del porcentaje de Compactabilidad, y es por esto que cuando se deseen comparar los valores de Resistencias en Verde a un mismo porcentaje de Aglutinante Latente, es necesario hacer las comparaciones a un determinado porcentaje de Compactabilidad +/- 2 puntos.

Una reducción o un aumento del 1% en el contenido en Aglutinante Latente, supone aprox. también un aumento o una reducción del 1,4 +/- 0,2% en la Resistencia a la Compresión en Verde.

PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LA EFICIENCIA O RENDIMIENTO DEL PROCESADO

El contenido en Aglutinante Latente, depende de la Eficiencia o Rendimiento del procesado de la arena

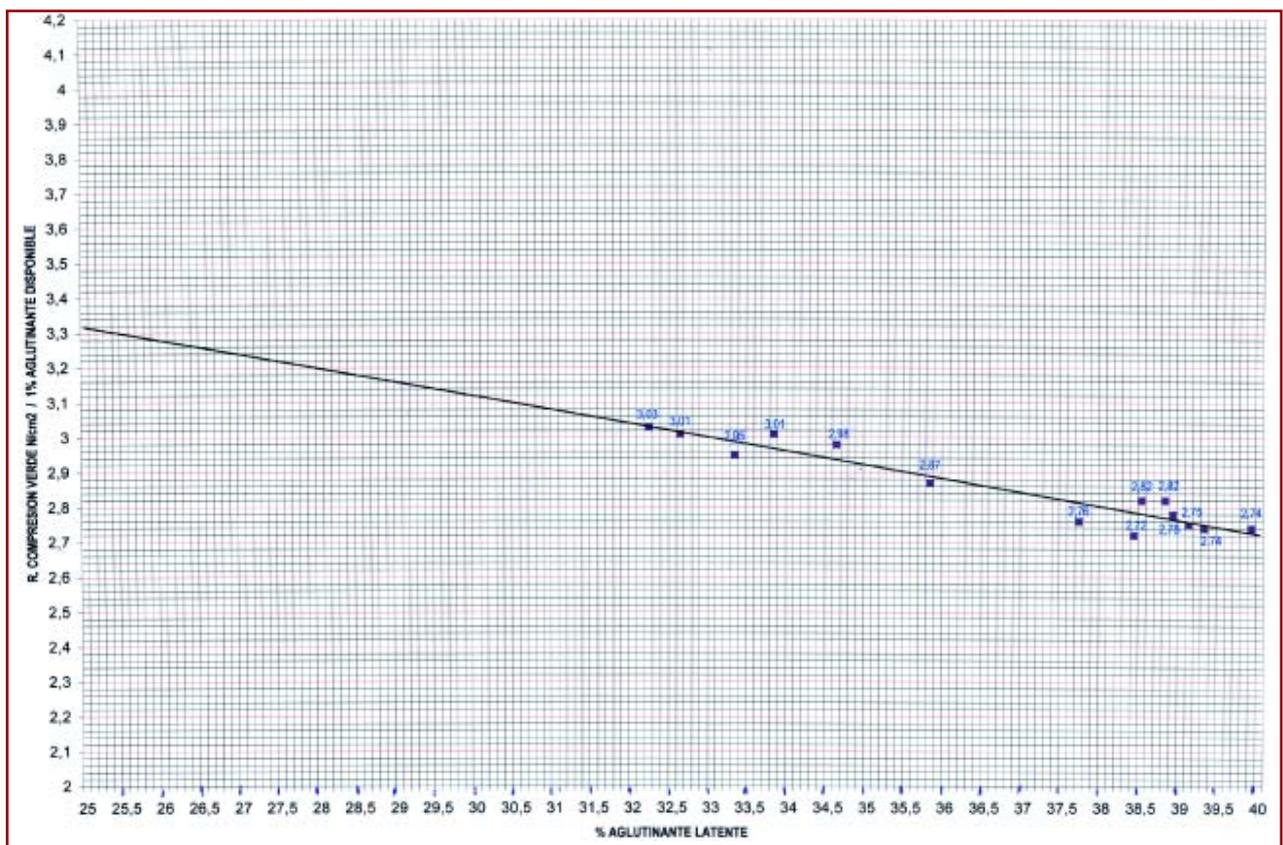


GRAFICO N° 1

Se corresponde a una arena de moldeo con porcentajes de Compactabilidad de 32 +/- 2 puntos, con un contenido en Bentonita Activa por Azul de Metileno de 8 a 9%, y una arena base de sílice de Índice de Finura AFS de 65/70 y de forma de grano subangular. El mezclador / malaxador es del tipo discontinuo de turbinas de alta intensidad.

de moldeo en verde, y esto a su vez depende fundamentalmente de:

1. La cantidad de energía mecánica aplicada en kW. o HP/ t de arena en los mezcladores / malaxadores. A mayor aplicación de energía, mayor es la Eficiencia.

Cuanto menor es la relación arena de moldeo/metal bruto colado y mayor es la deseada Resistencia a la Compresión en Verde de la arena de moldeo a preparar, se necesita una mayor entrada de energía, y en consecuencia una mayor potencia de los motores eléctricos.

Lo contrario lógicamente también es cierto.

Para obtener la mejor Eficiencia posible de los mezcladores / malaxadores, es necesario un buen mantenimiento y limpieza, aplicando siempre las instrucciones del fabricante, además de llevar un control de los consumos de los motores eléctricos.

2. Del tiempo de “ maceración” o a veces denomi-

nado de “activación”; % de Humedad y temperatura de la arena vieja de retorno que alimenta a los mezcladores / malaxadores.

- a) El tiempo mínimo recomendable transcurrido en la tolva/s de la arena de retorno es de 2 horas y preferiblemente de 3 horas.
- b) El % de Humedad debe ser la máxima posible compatible con la ausencia de problemas de atascos o cegamientos en los elementos del sistema de arenas, tales como, elevadores, tamices, etc.

Típicamente y según la composición de la arena de moldeo, este porcentaje de Humedad puede ser del 1,7 al 2,5% o del 20 al 25% de Compactabilidad. Esto hace también que se reduzcan las pérdidas de finos en el sistema de arenas, especialmente en las zonas de “agitación” o caídas libres de la arena de moldeo, ayudando además así a mejorar en alguna medida el ambiente de trabajo.

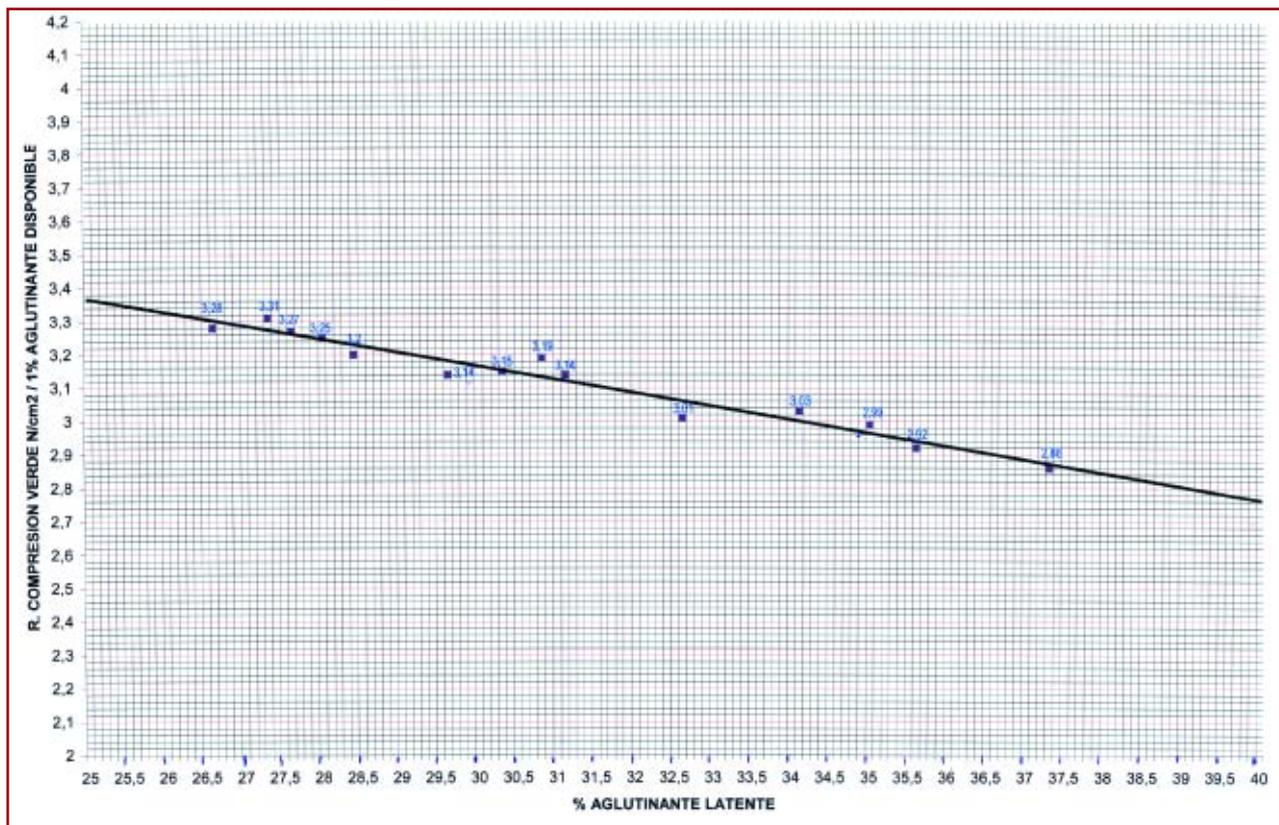


GRAFICO N° 2

Se formó este gráfico con una arena de moldeo con porcentajes de Compactabilidad de 31 +/- 2 puntos, con un contenido en Bentonita Activa por Azul de Metileno de 8 a 9% y una arena base de sílice de Índice de Finura AFS de 70/80 y de forma de grano subangular. El mezclador / malaxador es del tipo discontinuo de rulos horizontales.

- c) La temperatura ideal de la arena que entra a los mezcladores / malaxadores será $< 40^{\circ}\text{C}$ (104°F) y no debería ser $> 49^{\circ}\text{C}$ (120°F).

Lógicamente, tanto en cuanto que los tiempos de “maceración”, los porcentajes de Humedad sean mayores y menores las temperaturas de las arenas de moldeo, mayores serán las Eficiencias.

No obstante, se debe indicar que existe un importante fabricante de equipos para los sistemas de preparación de las arenas de moldeo en verde, donde en su sistema de mezclado con turbinas de alta intensidad, se puede aplicar de forma simultánea al mezclado, un equipo de vacío, de tal manera que debido al mismo, se “macera” o “activa” la bentonita contenida en la arena de moldeo durante este proceso de mezclado y enfriado, según asegura dicho fabricante.

- 3. Porcentajes de bentonita activa contenida en la arena de moldeo. A mayor porcentaje, menor es la Eficiencia.

- 4. Tipo de bentonita. Las bentonitas sódicas de alto hinchamiento necesitan una mayor entrada de energía o bien de tiempos más largos de “mezclado en húmedo o mezclado efectivo” más largos. Esto es crítico para altas entradas de arena nueva y/o arena de machos.

- 5. La cantidad de arena nueva y/o de machos que se incorpora a la arena de moldeo. Cuanto mayor es esa cantidad, menor es la Eficiencia.

No obstante es necesario añadir una cierta cantidad de arena nueva y/o de machos, que en general puede oscilar entre 80 a 150 Kgrs por cada Ton de metal bruto colado, para así evitar la formación de grumos de bentonita y aditivos, así como de excesivas cantidades de aditivos “quemados” y finos inertes, que hacen tomar excesivas cantidades de agua a la arena de moldeo, para obtener un dado porcentaje de Compactabilidad. Estas cantidades de arena nueva y/o de machos, no sólo dependen de la durabilidad térmica de los aditivos, sino también son

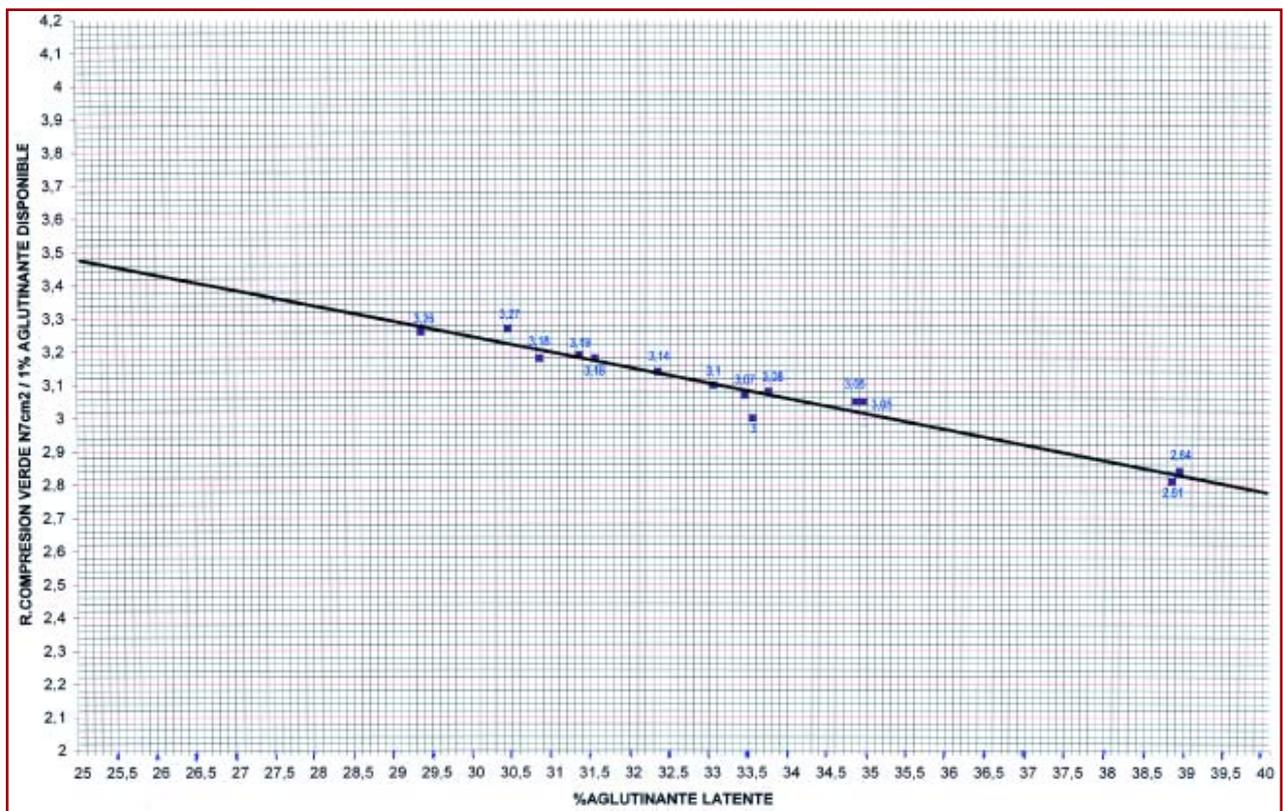


GRAFICO N° 3

Se corresponde a una arena de moldeo con un porcentaje de Compactabilidad de 30 +/- 2 puntos, un porcentaje de Bentonita Activa por Azul de Metileno de 7 a 8,5% y una arena base de sílice de Índice de Finura AFS de 55/60 y de forma de grano redondeado. El mezclador / malaxador es del tipo discontinuo de rulos horizontales.

dependientes de la mayor o menor potencia de los sistemas de aspiraciones, ya que si son fuertes las mismas, el poder de “limpieza” es alto y se necesita añadir menos arena nueva y/o de machos, y a la inversa.

- Del tipo de arena base. Cuanto más fina y/o angulosa sea la misma, menor es la Eficiencia. En cualquier caso, siempre se mejora la Eficiencia en cuanto que se aumente el tiempo denominado de “mezclado en húmedo o mezclado efectivo”, es decir el tiempo transcurrido desde que se añade a la arena y los aditivos contenidos en el mezclador / malaxador, toda o una gran parte del agua necesaria, hasta el comienzo de la descarga de la arena preparada del mezclador / malaxador.

Si por necesidades de producción, debido a una mayor demanda de arena de moldeo, se reducen los tiempos de “mezclado en húmedo o

mezclado efectivo”, se obtiene así una menor Eficiencia, se puede remezclar fuera de las horas de producción, la arena de retorno procedente del desmoldeo, contenida en la tolva/s de almacenaje, de tal forma que la arena que alimente al mezclador / malaxador, tenga un contenido de humedad o porcentaje de compactabilidad como se indica en el Apartado 2, y si fuera inferior a lo indicado, se le debe añadir la cantidad de agua necesaria en el mismo mezclador / malaxador, por supuesto que sin ser necesaria la adición de ninguna cantidad de otros aditivos.

Una vez finalizado el ciclo de preparación, retornar la arena de nuevo a la tolva/s de la arena vieja o de retorno, y así realizar el mayor número de ciclos posibles.

Para el control de la Eficiencia de procesado y su efecto sobre el desarrollo del poder aglutinante de la arena de moldeo en verde, se pue-

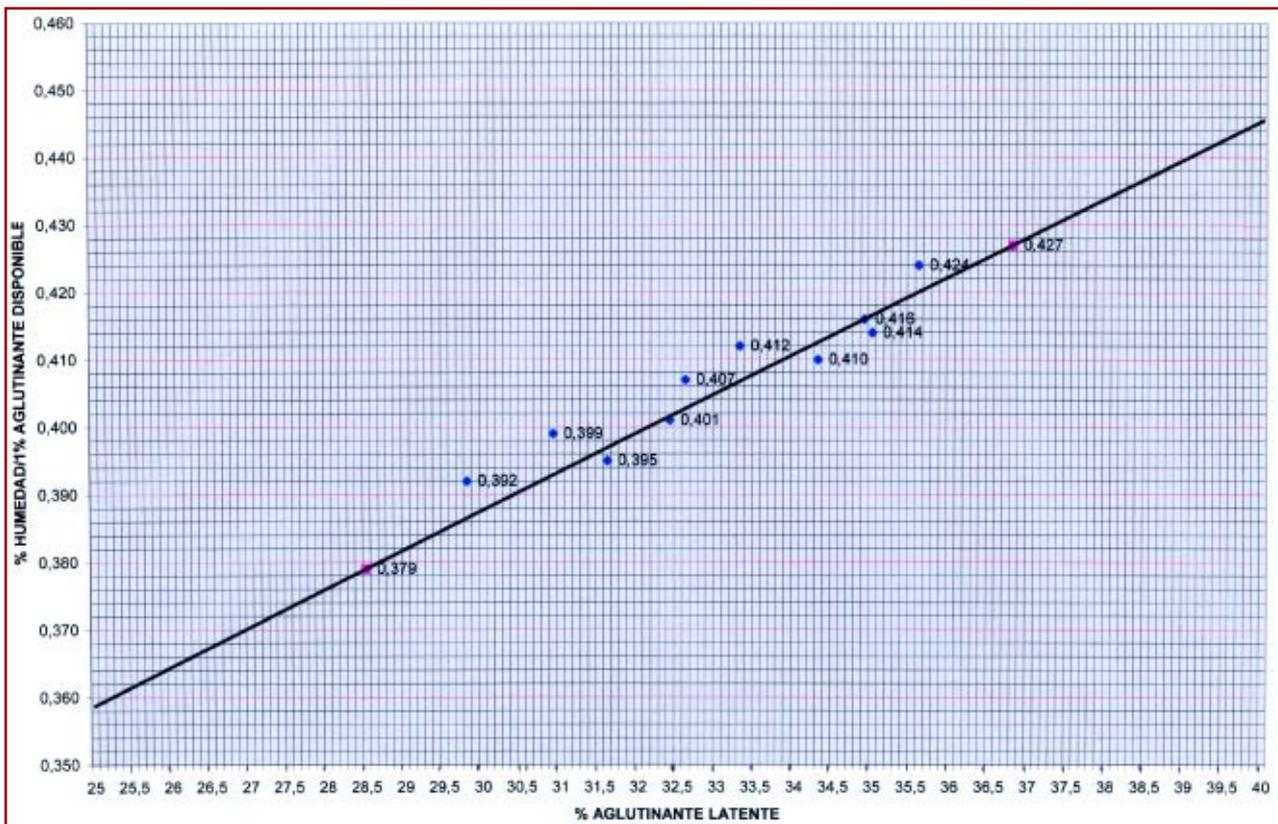


GRAFICO N° 4

Se corresponde a una arena de moldeo con un porcentaje de Compactabilidad de 31 +/- 2 puntos, una Bentonita Activa por Azul de Metileno de 8 a 9% y arena de sílice de Índice de Finura AFS de 55/60 y de forma de grano redondeado.

El mezclador / malaxador es del tipo discontinuo de turbinas de alta intensidad con enfriamiento de la arena por medio del sistema de vacío.

Todas las arenas graficadas contienen como producto carbonoso hulla bituminosa y el porcentaje de Pérdida por Calcinación es en todas ellas del 4 al 6%.

den realizar gráficos como los que se adjuntan, relacionando las siguientes determinaciones:

1. Porcentaje de Aglutinante Disponible.
2. Porcentaje de Aglutinante Trabajado
3. Resistencia a la Compresión en Verde, obtenida con un porcentaje de Compactabilidad deseado, y con una variación de dicha Compactabilidad no superior a + / - 2 puntos.

De esta forma se puede determinar el desarrollo de la Resistencia a la Compresión en Verde, por cada 1% de Aglutinante Disponible en función del Aglutinante Latente.

Teniendo como valor de referencia las Resistencias a la Compresión en Verde, en función de los porcentajes de Aglutinante Latente se puede trazar la línea recta entre los puntos de máxima Resistencia a la Compresión en Verde con el mínimo porcentaje de Aglutinante Latente, y a la inversa, tal como se muestra en los gráficos adjuntos.

Así se puede señalar tal como se ha indicado anteriormente que una variación en (+) o en (-) de un 1% de Aglutinante Latente, puede hacer también variar en (-) o en (+) un 1,4 +/- 0,2% la Resistencia a la compresión en Verde/1% de Aglutinante Disponible.

Una variación en (+) o en (-) un 1% de Compactabilidad puede hacer también variar en (-) o en (+) un 1,00 +/- 0,2% la Resistencia a la Compresión en Verde.

En cuanto a la construcción de gráficos para observar el desarrollo del porcentaje de Humedad por cada 1% de Aglutinante Latente, se deben de preparar igualmente los gráficos con el porcentaje de humedad deseado y con una variación de dicha Compactabilidad de + / - 2 puntos.

Una variación en (+) o en (-) un 1% de Aglutinante Latente, puede hacer igualmente variar en (+) o en (-) un 1,4 +/- 0,2%, la relación % Humedad/1% de Aglutinante Disponible.

Una variación en (+) o en (-) un 1% de Compactabilidad, puede hacer igualmente variar en (+) o en (-) un 1,00 +/- la relación anteriormente indicada.

APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LOS GRÁFICOS

VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN VERDE Y EL PORCENTAJE DE HUMEDAD, AL MODIFICAR EL PORCENTAJE DE AGLUTINANTE LATENTE Y EL PORCENTAJE DE COMPACTABILIDAD

Una arena de moldeo incrementa su % de Compactabilidad de 34 a 38 y su % de Aglutinante Latente se aumenta de 32,5% a 37,5%.

¿En cuanto varían sus propiedades de Resistencia a la Compresión en Verde y porcentaje de Humedad? Con el porcentaje del 34% de Compactabilidad se tiene:

$$\text{Resistencia a la Compresión en Verde} = 2.500 \text{ gr/cm}^2 = 24,50 \text{ N/cm}^2 = 35,56 \text{ psi}$$

Un porcentaje de Humedad de = 3,40%

Con estos datos y aplicando las fórmulas desarrolladas por C.E. Wenninger y A.P. Volkmar 4,5, las cuales se indican al principio de este trabajo, se obtienen los siguientes resultados:

- % Aglutinante Disponible = 8,21
- % Aglutinante Trabajado = 5,54
- % Eficiencia de procesado = 67,50
- % Aglutinante Latente = 32,50

Si disponemos de los gráficos desarrollados por ejemplo con un % de Compactabilidad de 31 +/- 2 puntos, por o para esta fundición, de estos gráficos con un % de Aglutinante Latente de 32,50%, obtenemos los siguientes datos:

- % Humedad / 1% Aglutinante Disponible = 0,402
- R. Compresión en Verde / 1% Aglutinante Disponible = 3,08 N/cm².

Si aumentamos el % de Compactabilidad de 31 a 34, esto supone: + 3 puntos de Compactabilidad:

$$1,00 \text{ +/- } 0,2\%$$

$$0,8 \cdot 3 = + 2,40\%$$

$$1,2 \cdot 3 = + 3,60\%$$

El incremento en la Humedad es de:

$$0,402 \cdot 1,024 = 0,412$$

$$0,402 \cdot 1,036 = 0,416$$

$$X = 0,414$$

Lo cual da:

0,414 . 8,21 = 3,40% es decir el % de Humedad que tiene la arena de moldeo con el 34% de Compactabilidad.

No obstante, deseamos conocer en cuanto se incrementa el % de Humedad, al pasar el % de Compactabilidad de 34 a 38%:

38 - 34 = + 4 puntos de Compactabilidad

$$0,8 \cdot 4 = + 3,20 \%$$

$$1,2 \cdot 4 = + 4,80 \%$$

de incremento en la Humedad:

$$0,414 \cdot 1,032 = 0,427$$

$$0,414 \cdot 1,048 = 0,434$$

$$X = 0,430$$

$$0,430 \cdot 8,21 = 3,53 \%$$

Así el incremento X de Humedad es del 0,13 %.

En cuanto se refiere a la Resistencia a la Compresión en Verde tenemos que:

38 - 31 = + 7 puntos de Compactabilidad:

$$0,8 \cdot 7 = - 5,60\%$$

$$1,2 \cdot 7 = - 8,40\%$$

Así tenemos :

$$3,08 \cdot 0,944 = 2,91$$

$$3,08 \cdot 0,916 = 2,82$$

$$X = 2,865$$

$$2,865 \cdot 8,21 = 23,52 \text{ N/cm}^2 = 2.400 \text{ gr/cm}^2 = 34,14 \text{ psi}$$

Así la Resistencia a la Compresión en Verde se ve reducida en:

$$24,50 - 23,52 = 0,98 \text{ N/cm}^2 = 100 \text{ gr/cm}^2 = 1,42 \text{ psi}$$

Si aplicamos estos nuevos valores a la obtención siguiente tenemos:

- % Aglutinante Disponible = 8,23
- % Aglutinante Trabajado = 5,55
- % Eficiencia de procesado = 67,40
- % Aglutinante Latente = 32,60

Con ello se aprecia que tanto el incremento del % de Humedad, como en la reducción de la Resistencia a la Compresión en Verde, solo es debido al incremento del % de Compactabilidad.

Ahora deseamos conocer en cuanto se incrementa de nuevo el % de Humedad y se reduce la Resistencia a la compresión en Verde, si se incrementa el Aglutinante Latente (menor Eficiencia de procesado) desde el 32,50% actual al 37,50%.

$$1,4 \text{ +/- } 0,2\%$$

$$1,2 \cdot 5 = + 6\%$$

$$1,6 \cdot = + 8\%$$

Así se incrementa el % de Humedad hasta:

$$3,53 \cdot 1,06 = 3,74$$

$$3,53 \cdot 1,08 = 3,81$$

$$X = 3,775 \%$$

Lo que supone un incremento total del % de Humedad de:

$$3,775 - 3,40 = + 0,375 \%$$

En cuanto se refiere a la reducción de la Resistencia a la Compresión en Verde :

$$2,865 \cdot 0,94 = 2,69$$

$$2,865 \cdot 0,92 = 2,64$$

$$X = 2,665$$

$$2,665 \cdot 8,21 = 21,88 \text{ N/cm}^2 = 2.233 \text{ gr/cm}^2 = 31,76 \text{ psi}$$

Así la Resistencia a la compresión en Verde se reduce en:

$$24,50 - 21,88 = 2,62 \text{ N/cm}^2 = 267 \text{ gr/cm}^2 = 3,80 \text{ psi}$$

Si aplicamos estos nuevos valores a la obtención de los siguientes datos, tenemos:

- % Aglutinante Disponible = 8,30
- % Aglutinante Trabajado = 5,16
- % Eficiencia de procesado = 62,20
- % Aglutinante Latente = 37,80

Con esto queda comprobado, como efectivamente se encuentra, que prácticamente no se ha visto lógicamente reducido el % de Aglutinante Disponible, y cómo también se ha reducido la Eficiencia de procesado al 62,20% con lo que queda aumentado en un 5% el Aglutinante Latente, es decir pasa del 32,60 al 37,80%.

BIBLIOGRAFIA

1. F. Hofmann, H.W. Dietert and A.L. Graham " Compactability Testing. A New Approach in Sand Research" AFS Transactions, Vol 77 (1969).
2. C.E. Wenninger and A.P. Volkmar " A New Control Tool. A Graph for Evaluating Effectiveness of Available Bentonite Within Foundry Sands", AFS Transactions, Vol 78 (1970).
3. A.P. Volkmar " A Basic System Control Procedure", AFS Transactions Vol 81 (1973).
4. A.P. Volkmar " Correlation Studies on Compactability, Green Compression, and Moisture", AFS Transactions Vol 82 (1974).
5. A.P. Volkmar " Twenty Five Years of Green Sand Control" AFS Transactions Vol 104 (1996).
6. K.C. Pickrell, G.F. Sergeant, M. Wolfe, and M.D. Wrobel " Tips for Auditing your Green Sand System", Modern Casting, Vol 89 (1999).

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

FUNDI *press*
REVISTA DE LA FUNDICIÓN

ASHLAND CASTING SOLUTIONS

Peq Set®
Magnaset®
Mini-Mazarotes
Compromiso de Progreso
Isocycle®
Bajo Humo
Arena-flow
Isocure Focus™
Filtros

100000 1000 000
CONSEJO S.A.
CALLE DEL ORO 17700
46100 Sagunto (Valencia) - España
Tel: 91 494 00 00
Fax: 91 494 00 01
www.fundipress.com

MOLD *press*
LA REVISTA DE MOLDES Y MATRICES

Con nuestros clientes y *Nadcap*
llegaremos más lejos

Accredited *Nadcap*

Industrias Tray Tráileds a la industria sus activos más importantes:

- La fabricación por plasma pulstado en vacío
- Hornos de vacío de última tecnología
- Sus conocimientos académicos
- experiencia en el tiempo metalúrgico

SURFAS *press*
REVISTA DEL TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Equipos de chorreado en Seco

ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.

C/ Capat, 75, 2º piso • 08113 Sant Joan de Vilatorrada • Telf.: +34 933 461 800 • Fax: +34 933 426 731
E-mail: info@abrasivos.com • http://www.abrasivos.com

TRATER *press*
REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

Soluciones *insertec*
Hornos & Refractarios para el Tratamiento Térmico

www.insertec.biz

PEDECA *press* Publicaciones
S O M O S S U M E D I O

Inclusiones en fundiciones de aluminio y técnicas electromagnéticas de separación

Por Daniel Moríñigo, Ana Rivas, M^a Ángeles Rodríguez, José Antonio Maroto y Jorge Martín. Área de Aleaciones Ligeras, Fundación CIDAUT.

RESUMEN

La constante evolución del mundo de la automoción demanda continuamente el desarrollo de métodos de obtención de nuevos materiales de forma optimizada, exigiendo unos niveles de pureza extremadamente elevados para que los componentes fabricados presenten excelentes propiedades mecánicas. En el presente trabajo se hace una introducción a las técnicas empleadas para obtener metales altamente limpios en fase líquida utilizando especialmente técnicas electromagnéticas de filtrado. El electromagnetismo nos ofrece la posibilidad de eliminar las inclusiones del metal líquido sin entrar en contacto con éste.

1. Introducción

El sector de la automoción se enfrenta a grandes retos tecnológicos como consecuencia de las emisiones de gases a la atmósfera procedentes del tráfico rodado. Existe una gran presión social y gubernamental para que los vehículos reduzcan las emisiones de gases contaminantes, contribuyentes al efecto invernadero. Por otro lado, se exigen por parte del consumidor niveles de seguridad y confort cada vez mayores, lo que supone incrementar el número de dispositivos. El resultado final es un aumento del peso del vehículo, factor más influyente en el consumo de combustible. Para lograr atender a estas dos demandas, en principio contradictorias, los fabricantes de automóviles tienen que hacer un gran esfuerzo de desarrollo. Se pueden citar algunas medidas, como el desarrollo de motores más ligeros y

eficientes. Otro campo muy activo, es la sustitución de materiales tradicionales de fabricación, como los aceros, por otros más ligeros, pero sin perder prestaciones mecánicas que puedan suponer una reducción del nivel de seguridad del vehículo. Una de las alternativas son las aleaciones ligeras, como el aluminio y el magnesio. La utilización de estos materiales supone un reto tecnológico, debido a que su manipulación y los procesos de fabricación son completamente diferentes y novedosos, influyendo también de forma importante en el proceso de diseño de las piezas.

El aluminio y sus diversas aleaciones son cada vez más empleados en automoción. Funde a temperaturas inferiores a la del acero, pero sin embargo, para producir piezas con excelentes propiedades mecánicas es necesario manipularlo de forma diferente al hierro, donde se pueden destacar los sistemas de moldeo contra gravitatorio empleando bombas electromagnéticas [1, 2]. Otro factor importante y fundamental es la limpieza del caldo de aluminio con el que se llena el molde. La presencia de impurezas en el seno del metal fundido va a reducir de forma muy importante las propiedades mecánicas finales obtenidas [3, 4, 5]. A continuación se presentan los efectos perjudiciales de las inclusiones y las impurezas, su origen, y los beneficios que se obtienen de su retirada y limpieza. Se van a presentar diferentes procedimientos para realizar la limpieza del caldo, haciendo especial mención de los métodos electromagnéticos. Muchas de estas técnicas están todavía en fase de investigación y desarrollo.

2. Tipos de inclusiones en el aluminio fundido

El aluminio y sus aleaciones presentan con frecuencia inclusiones metálicas y gaseosas que pueden alterar sus propiedades y resultar muy perjudiciales para la fundición [3, 4, 5, 6, 7]. Las inclusiones más normales en las fundiciones de aluminio son: Óxidos (Al_2O_3), Espinelas ($MgAl_2O_4$) y Carburos (SiC , Al_4C_3). Todas estas partículas se caracterizan por presentar un punto de fusión mayor que el aluminio y por ser inclusiones no metálicas. La tabla 1 [8] muestra la clasificación de inclusiones que se pueden encontrar en el aluminio fundido (tipo, forma, densidad, dimensiones y punto de fusión).

Un baño de aluminio sucio puede contener una media de 10.000 inclusiones por kilo de aluminio con un diámetro medio igual o superior a 15 μm antes de pasar por el horno de mantenimiento. Las espinelas pueden alcanzar tamaños de hasta 0,5 mm de diámetro medio y son bastante perjudiciales para las propiedades mecánicas de la pieza moldeada. Si el caldo es filtrado, se extraen las partículas macroscópicas de mayor tamaño y se observarán en él in-

clusiones de tamaño inferior a 30 μm . El número de inclusiones por kilogramo con tamaño superior a 15 μm es de varios cientos, y el número crece para tamaños menores entre 1-5 μm .

Para determinar la calidad de un metal líquido es necesario conocer el número de inclusiones, pero también su distribución por tamaños [6, 8, 9].

3. Origen de las inclusiones

Se pueden presentar dos clases generales de inclusiones, las exógenas y las endógenas; las primeras se originan o proceden de fuera del caldo e incluyen partículas de refractario (Al_2O_3 , SiO_2 y SiC) desprendidas por el desgaste y erosión de las paredes de hornos y regueras. Aparecen como partículas discretas con tamaños entre una y varias micras. Las inclusiones endógenas surgen de reacciones químicas internas al caldo o de restos de tratamiento como el afino de grano o el uso de sales fundentes y pueden ser tanto sólidas como líquidas, así mismo pueden, como se ve en la Tabla 1, aparecer en forma de partículas dispersas, agrupaciones de partículas o películas,

TIPO	Forma	Densidad (g/cm ³)	Dimensiones (μm)	Punto de fusión (°C)
OXIDOS				
MgAl ₂ O ₄ (Espinela)	Partículas, películas, escamas	3,60	0,1-100, 10-5000	2825
Al ₂ O ₃ (corindón)	Partículas, Películas	3,97	0,2-30, 10-5000	2047
MgO	Partículas, películas	3,58	0,1-5, 10-5000	2115
SiO ₂	Partículas	2,66	0,5-30	1650
CaO	Partículas	3,37	< 5	2630
CARBUROS				
Al ₄ C ₃	Partículas, Racimo	2,36	0,5-25	2100
SiC	Partículas	3,22	0,5-5	2540
BORUROS				
TiB ₂	Partículas, Racimo	4,5	1-30	2790
AlB ₂	Partículas	3,19	0,1-3	2160
NITRUROS				
AlN	Partículas, películas	3,26	10-50	2227
OTROS				
Cloruros y sales (CaCl ₂ , NaCl, MgCl ₂)	Gotas de líquido	1,9-2,2	0,5-1	712-800
Fluoruros (criolita)	--	2,9-3,0	--	1000
Sedimento Al(FeMnCr)Si	--	> 4,0	--	--
BURBUJAS DE GAS ULTRAFINAS				
Burbujas de Argón	--	--	10-30	--
Burbujas de N ₂	--	--	10-30	--
COMPUESTOS INTERMETÁLICOS				
TiAl ₃ , TiAl, NiAl, Ni ₃ Al	Partículas, Racimo	--	10-100	--

Tabla 1. Clasificación tipos de inclusiones [8].

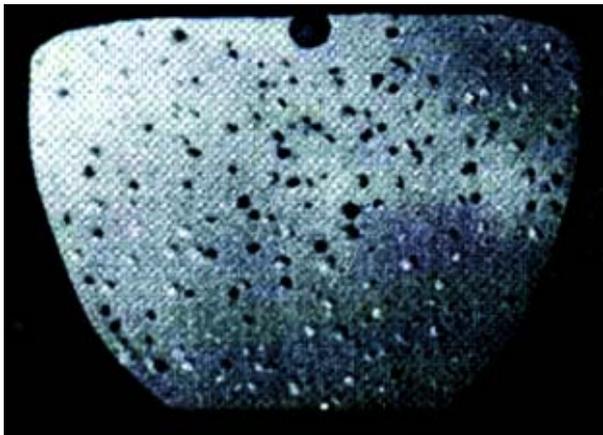


Fig. 1. Muestra de caldo solidificado a presión reducida donde se aprecian las inclusiones del interior del caldo [9].

en particular los óxidos pueden aparecer tanto en forma de películas como de partículas discretas.

Durante la fusión, las aleaciones de aluminio tienen tendencia a absorber hidrógeno y monóxido de carbono procedentes de la combustión del fuel-oil o del carbón utilizado en el calentamiento del horno, que puede manifestarse en las piezas finales en forma de porosidad [10]. Por esta razón, es conveniente mantener alejado el metal fundido de los gases de la combustión prefiriéndose cuando no sea posible utilizar el horno eléctrico, donde queda eliminado totalmente este riesgo, hornos alimentados con gas u hornos de crisol donde la llama no entra en contacto con el metal. Los hornos de fundición de aluminio, donde el metal está en contacto con la llama del quemador, si bien presenta grandes ventajas como su gran rapidez de fusión y gran producción horaria por kilogramo de combustible, resultan muy poco adecuados para la obtención de piezas sin porosidades y precisan una acción desgasificante enérgica y continua. El control del hidrógeno disuelto en la aleación es un paso fundamental para tener una buena aleación y garantizar unas buenas propiedades finales. Por esta razón, en la mayoría de los procesos de fundición la desgasificación es una etapa obligada [9]. Se pueden emplear varios gases y mezclas, para la desgasificación del aluminio fundido, siempre que no contengan vapor de agua ni hidrógeno. Entre los más usados se encuentran el nitrógeno y el argón (ambos puros y secos). En el pasado fue muy usado el cloro, pero se ha desechado en la mayoría de las aplicaciones por su toxicidad, efectos corrosivos sobre el equipamiento e interacción con aleantes y otros tratamientos realizados sobre el aluminio fundido. En la actualidad se usan mezclas de gases inertes y cloro, aunque estas mezclas siguen tenien-

do en cierta medida los mismos problemas que el uso de cloro. Otro sistema de desgasificación se basa en el uso de sales fundentes. La mayor parte de estos desgasificadores químicos tienen su base en compuestos generadores de cloro, el desgasificador sólido más popular es el hexacloroetano (C_2Cl_6). Esto provoca la presencia de inclusiones en fase líquida como por ejemplo cloruros y sales de cloruro ($CaCl_2$, $NaCl$, $MgCl_2$ y KCl). Estas sales también pueden contener partículas sólidas finas como NaF , AlF_3 y CaF_2 que proceden de los aditivos del horno. Las inclusiones en fase líquida afectan a las energías interfaciales del sistema, por ejemplo, los boruros empleados como refinadores de grano se aglomeran cuando son recubiertos por las sales en fase líquida.

Durante el proceso de fundición y adición de aleantes se forman las películas de óxidos y las partículas. Las películas de Al_2O_3 pueden encontrarse suspendidas en la superficie externa del baño o pueden quedar atrapadas en él si se produce turbulencia durante su manipulación. Aunque las inclusiones tipo óxido tienen mayor densidad que el aluminio fundido, flotan debido a su diferencia de densidad con respecto al baño y a una relación superficie/volumen muy elevada. Además tienen tendencia a aglomerarse debido a que su mojabilidad en el aluminio fundido es muy baja, como por ejemplo ocurre con las inclusiones de Al_2O_3 que quedan atrapadas en burbujas de gases absorbidos que las llevan hasta la superficie [8].

Las espinelas se forman a partir de la fundición de escorias y de la adición de magnesio en el horno de mantenimiento. El óxido de magnesio se forma con preferencia frente al Al_2O_3 sobre todo en aleaciones que contienen más de un 0,5% en peso de Mg. El magnesio añadido al baño además de formar espinelas, puede formar otro tipo de inclusiones. Inclusiones de tipo nitruro (AlN) se forman a partir de MgN_2 . Las partículas de MgF_2 y MgS , se encuentran sobre todo cuando el magnesio está sucio [8].

Las partículas de silicio proceden principalmente de la erosión de los materiales cerámicos usados como accesorios durante las operaciones de fusión. Estas partículas se aglomeran y es normal observar los siguientes compuestos: $Al_2O_3-SiO_2-CaO$ [8].

4. Aspectos negativos de la presencia de inclusiones

El papel de las inclusiones en las propiedades de una pieza fabricada con aluminio es fundamental, debido a que cualquier aspecto sobre la calidad del

componente se ve afectado por la presencia de fases secundarias [8]. En concreto, la calidad de un producto obtenido por moldeo se mide por la presencia de inclusiones no metálicas, su número, su tamaño, forma, tipo y distribución. El nivel de inclusiones en el aluminio puede llegar a ser muy importante y si el baño está muy sucio y no es adecuadamente tratado, el producto moldeado puede ser más un “composite” que una aleación de aluminio [8]. Por esta razón, durante las operaciones de procesamiento, se debe poner especial atención a la hora de disminuir la formación de inclusiones, y lo que es más importante, eliminar aquellas que se encuentren presentes en la mezcla.

La calidad del caldo se puede resumir en tres indicadores que a su vez están interrelacionados [8]:

1. Control de los elementos traza, como por ejemplo los metales alcalinos.
2. Reducción del contenido de gas disuelto, como por ejemplo el hidrógeno.
3. Retirada de las inclusiones no metálicas.

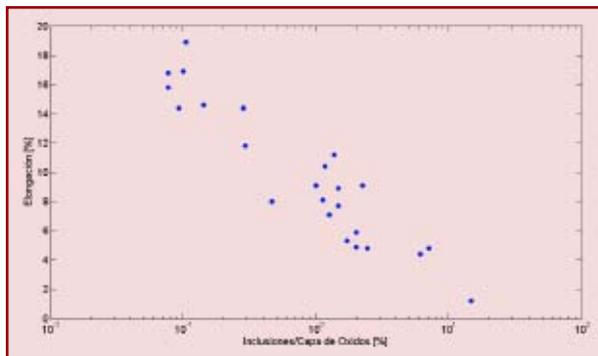


Fig 2. Relación entre el porcentaje de elongación – logaritmo del porcentaje del área de las inclusiones / película o capa de óxidos [13].

Son numerosos los beneficios sobre las propiedades de la pieza final que demuestran las ventajas de la utilización de métodos de limpieza. Entre las consecuencias negativas de no realizar una limpieza adecuada del metal fundido, se pueden citar las siguientes:

- Las inclusiones en la mezcla tienden a impedir la fluidez del metal fundido, obstaculizando la alimentación a través de regiones interdendríticas a zonas de difícil acceso [4].
- Las inclusiones en el metal fundido tienden a actuar como puntos de nucleación para la precipitación del hidrógeno disuelto, aumentando la sensibilidad del metal a porosidades gaseosas [4].

- El hidrógeno disuelto en el metal fundido tiende a precipitar fuera de la solución para formar burbujas de hidrógeno gaseoso durante la solidificación, debido a presentar una solubilidad menor en aluminio sólido que en el líquido [4].
- Reducción de las propiedades mecánicas del componente fabricado.
- Empeoramiento del acabado superficial
- Aumento de la porosidad por contracción o por flujo.
- Tendencia a aumentar el nivel de corrosión.
- Las inclusiones no metálicas actúan como puntos de acumulación de tensiones, pudiendo causar rotura prematura de un componente.
- Dificultad durante las etapas de mecanizado, las inclusiones suelen ser partículas cerámicas y como tales compuestos metal-no metal que son significativamente más duros que la matriz de aleación e aluminio lo cual afecta negativamente a la maquinabilidad.

5. Beneficios del filtrado

En materiales fundidos que no han sido tratados, la cantidad de inclusiones en el producto final es generalmente demasiado grande como para poder satisfacer los patrones actuales de calidad y teniendo en cuenta el elevado énfasis sobre el aumento de la productividad y de la calidad, se necesitan diferentes métodos para asegurar que el metal fundido en coladas tenga un nivel máximo de pureza.

A continuación resumiremos los beneficios que puede aportar una etapa de filtrado del aluminio fundido antes de su manipulación o procesamiento [8, 11, 12, 13]:

- Eliminación de inclusiones: Se reducen los problemas asociados que aparecen durante el mecanizado de estas coladas que contienen partículas duras, lodos o piezas de refractario del horno de fundido.
- Mejora de las propiedades: Son numerosas las mejoras de las propiedades mecánicas que se pueden obtener de la separación de los óxidos e inclusiones. El beneficio es mayor a medida que se disminuye el diámetro de los óxidos e inclusiones retirados, o si se emplea un filtro, a medida que la profundidad efectiva del filtro aumenta. La magnitud de la mejora conseguida puede verse en la siguiente figura en la que la elongación se mejora más del 100% [13] con un sistema de filtrado, y la tensión de rotura aumenta un 15%.

- **Rechupes (Contracciones):** La cantidad total de rechupes (porosidad por contracción) asociada al proceso de solidificación de cualquier metal líquido es independiente de la limpieza del metal, sin embargo el tipo y cantidad de contracciones formadas puede cambiar drásticamente en presencia de óxidos.
- **Fluidez:** La separación de compuestos pesados y contaminantes produce un beneficio significativo en la fluidez del metal líquido [15].
- **Porosidad gaseosa:** La separación de inclusiones de un metal fundido tiene un mínimo efecto sobre el nivel de gas disuelto presente en cualquier baño de metal líquido. Este beneficio radica en la separación de aquellos compuestos que se encuentren químicamente combinados como hidruros, con el potencial de descomponerse en hidrógeno libre mientras la mezcla solidifica. Un segundo beneficio indirecto, que puede ser más relevante, es que la separación de inclusiones elimina los puntos de nucleación para la acumulación de gas durante la solidificación.

6. Técnicas de separación de inclusiones

Una vez tratado en la primera parte de este artículo los efectos negativos sobre una pieza por la presencia de inclusiones y los efectos positivos de su eliminación, se dedica esta segunda parte a presentar diferentes procedimientos de limpieza de un metal líquido, empleados para retirar las inclusiones no metálicas presentes en el mismo y lograr un metal con un grado de pureza suficiente para poder producir piezas de calidad. Todas las técnicas se basan en la diferencia de propiedades entre la partícula que se quiere retirar y el metal fundido, como pueden ser diferencias de densidad o diferencias en la conductividad eléctrica. Algunas de estas técnicas son de uso común en la industria, como la utilización de filtros cerámicos, y otras, como los procedimientos de filtrado electromagnético, en los que nos centraremos, están en diferentes niveles de desarrollo. En la tabla 2 [8] muestra un resumen de los diversos procedimientos y del tamaño de las partículas que son capaces de retirar del metal fundido.

6.1. Técnicas tradicionales no electromagnéticas

La sedimentación gravitatoria, la flotación y los filtros cerámicos son de uso común en la industria. La sedimentación gravitatoria puede ser efectiva para inclusiones de tamaños mayores de 90-100 μm . La diferencia de densidad entre partículas pro-

MÉTODO	TAMAÑO DE PARTÍCULAS(μm)
Separación volumétrica	
Sedimentación gravitatoria	>90
Métodos que utilicen fuerzas externas	
Flotación	>1
Filtros cerámicos	>1
Fuerzas electromagnéticas	>50
Tratamiento por ultrasonidos	>10

Tabla 2. Métodos de separación de inclusiones [8].

voca que con el paso del tiempo las partículas de mayor densidad se depositan en el fondo. Con este mecanismo se consigue la separación de partículas de diferentes densidades. La técnica de flotación puede ser efectiva para partículas de 30 a 40 μm . Los filtros cerámicos, hoy en día, son utilizados en casi todas las fundiciones de aluminio. Sin embargo, su uso presenta algunos inconvenientes. Generalmente contaminan la mezcla y no existe ningún procedimiento para decidir cuándo se necesita sustituir o cambiar el filtro. A menudo se satura de manera inesperada de inclusiones atrapadas, impidiendo o dificultando el paso del metal fundido.

El tratamiento mediante ultrasonidos es una técnica muy cara y que requiere grandes esfuerzos para su desarrollo industrial viable. Se basa en la diferente absorción de los ultrasonidos por parte de las inclusiones y de los metales líquidos. El tratamiento del metal líquido se efectúa en dos etapas. Primeramente se realiza un desgasificado acústico y a continuación una filtración fina de la aleación.

6.2. Procedimientos de separación electromagnética

La separación electromagnética de inclusiones en el metal fundido se viene estudiando desde 1961, para la producción de aleaciones de aluminio de gran limpieza. Permite eliminar inclusiones del tamaño de micras, en principio manteniendo un campo electromagnético de alta intensidad. Esta técnica implica la flotación de las inclusiones no conductoras sumergidas en un metal fundido (conductor desde el punto de vista eléctrico) y su eliminación posterior. Por lo tanto, los métodos electromagnéticos aparecen como una opción prometedora para la limpieza del metal a alto nivel, aunque en algunas aplicaciones pueden resultar no eficientes porque la densidad de

fuerza de Lorentz producida no es suficiente para separar las inclusiones, o porque desde un punto de vista energético, el rendimiento es muy bajo. La mayor parte de la energía consumida se emplea en calentar el metal, en lugar de producir un efecto de separación de las partículas.

6.2.1. Principio de funcionamiento del filtrado electromagnético

La principal ventaja de la separación electromagnética es que la fuerza que se ejerce sobre la partícula sólo depende de la diferencia en conductividad eléctrica entre las inclusiones y el metal fundido, siendo independiente de la densidad, de la composición química y de las diferentes fases (sólido, líquido o gas) de las inclusiones. Además, debido a que se trata de procedimientos no intrusivos, el metal fundido también se protege contra la contaminación química por contacto con otros materiales.

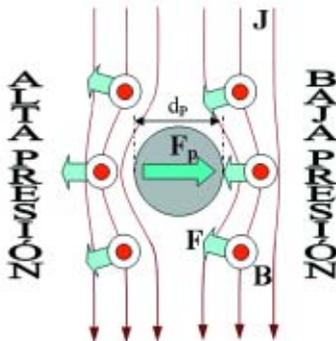


Figura 3. Principio de funcionamiento del filtrado electromagnético [16]. J y B son la densidad de corriente y la inducción magnética en el metal fundido que producen el campo de fuerzas electromagnéticas F. La fuerza sobre la partícula, FP, tiene dirección contraria a F.

El mecanismo de eliminación de inclusiones por medio de campos electromagnéticos es similar a la separación gravitacional. Ambas técnicas aprovechan la existencia de una diferencia en las propiedades físicas del metal fundido y de la inclusión para conducir su movimiento en la mezcla bajo un campo de fuerzas aplicado externamente. De forma análoga a la fuerza de empuje ejercida sobre un cuerpo sumergido, el campo electromagnético ejerce una fuerza neta sobre la inclusión (figura 3). La fuerza causante del movimiento de la partícula, así como la dirección del movimiento, depende de la diferencia en conductividad eléctrica entre el metal fundido y la partícula. Para partículas eléctricamente neutras como las inclusiones no metálicas, la fuerza necesaria para la separación es máxima. Además, la dirección de

la fuerza de separación electromagnética es opuesta a la dirección de la fuerza en el metal fundido.

Aunque el mecanismo de la separación electromagnética es muy simple, el análisis de las interacciones del campo electromagnético con la partícula y el líquido es complicado. Depende de las características de los campos eléctricos y magnéticos (estacionario o alternante), así como del procedimiento de generación del campo de fuerzas en el sistema (por aplicación directa mediante electrodos o por inducción). Además, a pesar de la fuerza de sustentación, la fuerza de separación depende de la forma de las partículas así como de su orientación con respecto al campo eléctrico y magnético.

La fuerza de separación electromagnética, F, puede expresarse en función de la densidad local de fuerza electromagnética como [17]:

$$F = \phi_{\zeta} F_{elec} V_p \tag{1}$$

donde:

- Felec es la densidad local de fuerza electromagnética [N/m³].
- Vp es el volumen de la partícula.
- es un factor geométrico, depende de la forma de la partícula y de su posición con respecto a los campos electromagnéticos.
- representa el acoplamiento entre los campos eléctrico y magnético.

El parámetro refleja la naturaleza del acoplamiento entre el campo eléctrico y magnético. Para campos eléctricos y magnéticos estacionarios aplicados, los dos campos son independientes entre sí, y en este caso es igual a 1. En sistemas con corrientes inducidas, depende no solo de la frecuencia del campo sino también del tamaño y de la forma de la partícula.

El análisis de la partícula en movimiento es similar al de la partícula en el caso de la sedimentación. Esto implica un balance entre la fuerza electromagnética de separación y las fuerzas de origen viscoso sobre la partícula. Se puede determinar la velocidad de migración en estado estacionario de la partícula en el metal fundido como [17]:

$$V = \frac{4Fd_p^2}{3\mu C_D Re} \tag{2}$$

donde:

- μ: Viscosidad del metal fundido.
- CD: Coeficiente de arrastre que depende de la forma de la partícula.

- Re: número de Reynolds.
- dp: diámetro de la partícula.

6.2.2. Técnicas de separación electromagnética

Existen diferentes técnicas de separación electromagnética que se podrían diferenciar entre sí en como se crea la densidad local de fuerza electromagnética en el metal fundido. Por un lado están las que funcionan con corriente alterna e inducen una densidad de corriente eléctrica en el metal fundido. Aquí se podrían citar los procedimientos basados en un campo magnético viajante que emplean máquinas de inducción lineal, y los procedimientos que utilizan bobinas inductoras en cuyo interior se coloca el crisol con el metal que se quiere limpiar. Una segunda familia estaría formada por los procedimientos de conducción, que utilizan electrodos para introducir una corriente eléctrica en el metal fundido. Aquí se pueden citar los procedimientos basados en el efecto "pinch" y los que utilizan campos magnéticos impuestos. A continuación se explicará brevemente cada uno de estos 4 procedimientos:

• Separación utilizando bobinas de inducción

Esta técnica se basa en la utilización de una bobina con forma helicoidal, como la mostrada en la figura 4, por la que se hace circular una corriente alterna de alta frecuencia (figura 4) [16, 18]. En el interior de la bobina se coloca un crisol que contiene el metal fundido que se quiere limpiar. La corriente alterna que circula por la bobina crea en su interior un campo magnético que también depende del tiempo, por lo que induce una densidad de corriente eléctrica en el metal fundido contenido en el crisol y que es conductor desde el punto de vista eléctrico. La interacción de

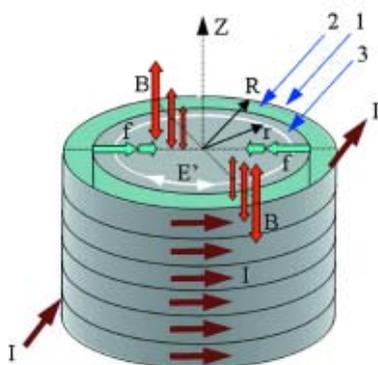


Figura 4. Componente estacionaria en una bobina recorrida por corriente alterna con un medio conductor en su interior. 1-bobina. 2-entrehierro. 3-crisol con metal fundido [18].

la inducción magnética producida por la bobina y las corrientes inducidas en el metal origina un campo de fuerzas electromagnéticas, también conocidas como fuerzas de Lorentz. Este campo de fuerzas electromagnéticas queda confinado en las proximidades de la pared del crisol, en una capa cuya anchura viene dada por la profundidad de efecto piel magnético. Las fuerzas de origen electromagnético tienen sentido radial hacia el centro del crisol, y en la referencia [18] se propone una expresión para la magnitud de la fuerza en función de la coordenada radial r:

$$\bar{f}_r = -\frac{\delta\omega\sigma B_0^2}{4} \exp\left(-2\frac{R-r}{\delta}\right) \quad (3)$$

donde:

- es el valor promedio de la fuerza de separación [N/m³].
- es la conductividad eléctrica del metal fundido.
- es la amplitud del campo magnético variable con el tiempo.

Como las inclusiones no son conductoras desde el punto de vista eléctrico, la fuerza ejercida sobre ellas tiene sentido contrario, radial hacia la pared del crisol, donde quedan confinadas. Este procedimiento es efectivo con tamaños de partículas superiores a los 120 μm.

• Separación utilizando un campo magnético viajante

Esta técnica, empleada a nivel industrial, se basa en la utilización de una máquina de inducción lineal para crear un campo de fuerzas electromagnéticas sobre el metal fundido. El principio de funcionamiento de una máquina de inducción lineal es parecido al de una máquina de inducción rotativa. De hecho, algunos autores derivan la máquina lineal a partir de una cilíndrica después de "cortarla" longitudinalmente y extenderla sobre un plano. Al alimentar la máquina con un sistema de tensiones trifásico, se produce un campo magnético con distribución espacial senoidal y que se desplaza de forma lineal a una velocidad constante denominada de sincronismo, desde un extremo a otro de la máquina de inducción. El metal fundido se coloca enfrente a la superficie exterior de la máquina bajo la acción del campo magnético viajero. Este campo, debido a su velocidad de desplazamiento es variable para el metal líquido, y por tanto, induce en él una densidad de corriente eléctrica. Ésta interacciona con el propio campo electromagnético, dando como resultado un campo de fuerzas e-

lectromagnéticas, que como consecuencia de la ley de Lenz, producen un desplazamiento del metal fundido en la misma dirección del campo magnético viajero. Las fuerzas sobre las inclusiones no metálicas tienen sentido contrario. El campo de fuerzas de Lorentz estará confinado en una banda cuya profundidad, dada por el efecto piel, dependerá de la geometría de la máquina de inducción lineal y de la frecuencia de alimentación. En la figura 5 se muestra una configuración empleada para la limpieza de un metal con un motor de inducción lineal que crea un campo magnético viajero que actúa sobre las partículas suspendidas en el metal líquido. Industrialmente también se emplea otra configuración, donde se colocan tubos que contienen el metal fundido en dirección perpendicular al campo magnético viajero. En este caso, las inclusiones quedan confinadas en la pared lateral del tubo opuesta al sentido de movimiento del campo magnético.

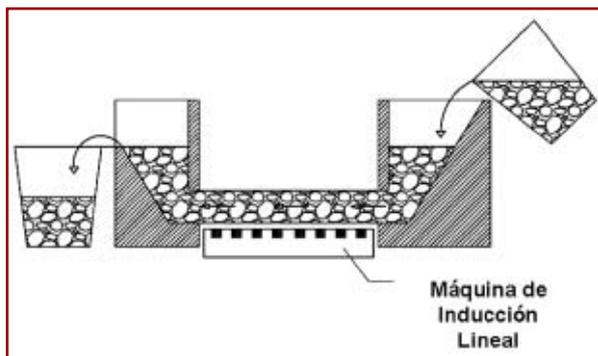


Figura 5. La máquina de Inducción Lineal crea un campo magnético viajero en sentido contrario al flujo del metal.

• Separación por medio del efecto “pinch”

En un conductor con forma cilíndrica, se inyecta una corriente mediante electrodos entre sus extremos (figura 6). La corriente circula en la misma dirección que

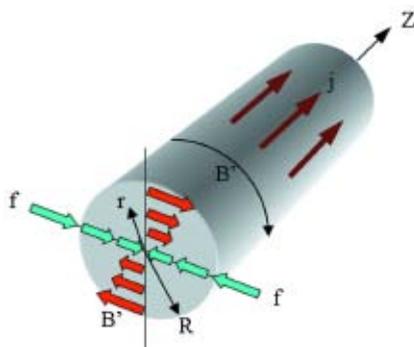


Figura 6. Utilización del efecto “pinch” para la separación de partículas en un líquido conductor [18].

el flujo de metal fundido. Esta corriente, de valor muy elevado, crea su propio campo magnético. La interacción de la corriente eléctrica con su campo magnético produce un campo de fuerzas electromagnéticas en dirección radial, hacia el centro del tubo, que comprime el fluido (lo que se conoce como efecto “pinch”). La fuerza sobre las inclusiones no metálicas está dirigida hacia la periferia del conducto, donde se depositan [18, 19]. En la figura 7 se muestra un tundish donde la corriente en el metal líquido no se introduce mediante electrodos, sino que se induce mediante una máquina similar a un transformador. En azul se muestra el núcleo ferromagnético de un transformador y en color naranja la bobina inductora. El metal fundido forma una espira del secundario del transformador por la que circulan elevadas corrientes eléctricas que tienen dos efectos: calentamiento del metal y separación de inclusiones por efecto “pinch”.

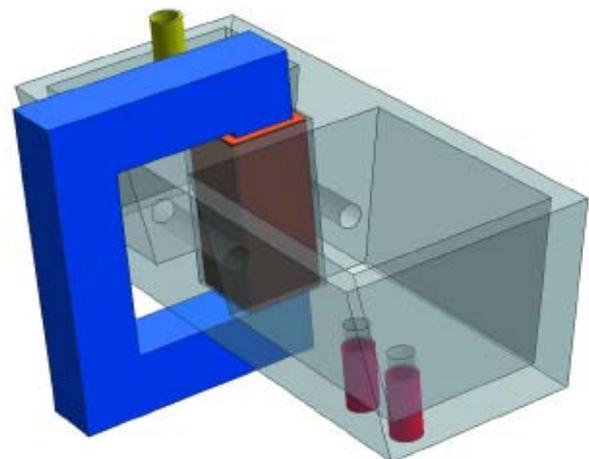


Figura 7. Tundish con sistema de calentamiento y separación de inclusiones por efecto “pinch” [19].

• Separación por medio de un campo magnético impuesto

Se trata probablemente del método de separación más antiguo [18, 20]. Se insertan unos electrodos en el metal fundido, como en la técnica basada en el efecto “pinch”, para crear una densidad de corriente eléctrica J , y se aplica un campo magnético externo B_0 para producir el campo de fuerzas de Lorentz o electromagnéticas. Normalmente se emplea corriente continua. También se puede emplear corriente alterna siempre y cuando se garantice que los dos campos, eléctrico y magnético, estén en fase. El campo magnético se crea mediante electroimanes. La fuerza resultante sobre las inclusiones las arrastra hacia una de las paredes del conducto. La fuerza electromagnética de Arquímedes, que ac-

túa sobre las inclusiones, tiene sentido contrario a la fuerza de Lorentz F que actúa sobre el metal líquido, y empuja a las partículas hacia la pared izquierda del tubo cilíndrico (según la figura 8).

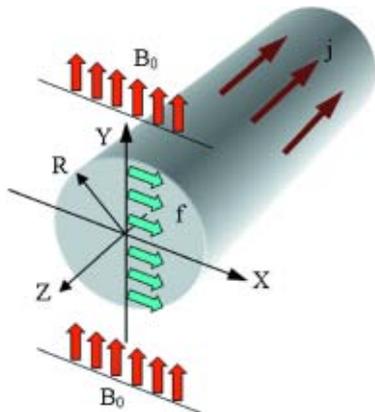


Figura 8. Separación electromagnética con la imposición de un campo magnético externo B_0 [18].

7. Conclusiones

En el presente artículo se han puesto de manifiesto técnicas electromagnéticas de filtrado sin contacto, con el metal fundido y por tanto sin contaminación química de utillajes. Se han señalado sus beneficios en la producción de componentes de altas prestaciones, si bien, Cidaut lleva años estudiando la aplicabilidad del electromagnetismo en el sector de la fundición, no sólo en el ámbito del filtrado para obtener alta calidad metalúrgica (ya sea en el moldeo de piezas, en el reciclado o producción de metales primarios), sino también en áreas como, el mezclado y la agitación magnética, la dosificación y el transporte de fundido.

Una vez establecidas las bases del conocimiento en estas técnicas, actualmente se trabaja en el desarrollo y optimización de equipos y ensayos que permitan una mayor implementación industrial de estas técnicas en fundición y en nuevas aplicaciones de estos métodos que permitan mejorar el sector, en el que la calidad metalúrgica, actualmente, tiene que ser una de las prioridades.

8. Referencias

[1] Cuesta, R.; Moríño, D.; Rodríguez, M^a A.; Maroto, J.A. y Cano, L.E. "El proceso EPGS: Aplicación de una bomba electromagnética para la producción de componentes de aluminio de altas prestaciones". XVI Reunión de Grupos de Investigación en Ingeniería Eléctrica, Mallorca, 2006.
 [2] D. Moríño, M. A. Rodríguez, A. Rivas, O. Duque, V. Vazquez, J. A. Maroto and R. Cuesta. "Experimental and computational investigation of an electromagnetic pump used for manufacturing aluminium parts". Magnetohydrodynamics, Vol. 43, No. 1, 119-134, 2007.

[3] Millar, S. K. "Inclusion control of die casting alloys". Die Casting Engineer, Vol. 28, n° 5, 1984, pp. 54-58.
 [4] C. Tian, J. Law, J. van der Touw, M. Murray, J.-Y. Yao, D. Graham, y D. St. John. "Effect of melt cleanliness on the formation of porosity defects in automotive aluminium high pressure die castings". Journal of Materials Processing Technology, Vol. 122, pp. 82-93, 2002.
 [5] M. Zhou, D. Shu, K. Li, W.Y. Zhang, B.D. Sun, J. Wang and H.J. Ni. "Performance improvement of industrial pure aluminium treated by stirring molten fluxes". Materials Science and Engineering A, Vol. 347, pp. 280-290, 2003.
 [6] Diran Apelian. "How clean is the metal you cast? The issue of assessment: a status report". Proceedings of the 3rd AFS International Conference on Molten Aluminum Processing, 1992.
 [7] C. Edward Eckert. "The origin and identification of inclusions in foundry alloys". Proceedings of the 3rd AFS International Conference on Molten Aluminum Processing, 1992.
 [8] S. Makarov, D. Apelian, y R. Ludwig. "Inclusion removal and detection in molten aluminium: Mechanical, Electromagnetic and Acoustic Techniques". Transactions of the American Foundrymen's Society, Vol. 107, pp. 99-150, 1999.
 [9] David Escudero Niño, "Tratamiento metalúrgico de las aleaciones de aluminio silicio en estado fundido". Universidad de Valladolid, Dpto. de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía en colaboración con CIDAUT, 2004. Proyecto Fin de Carrera para la obtención del título de Ingeniero Industrial. Directores: Juan Carlos Merino Senovilla, Jose Antonio Maroto Soto.
 [10] Página Web: http://www.utp.edu.co/~publio17/laboratorio/fusion_al.htm. Fecha de Consulta: 31/07/2007.
 [11] Diran Apelian, S. Shivkumar. "Molten metal filtration – Past, present and future trends". Proceedings of the 2nd AFS International Conference on Molten Aluminum Processing, 1989.
 [12] D.E. Groteke. "The reduction of inclusions in aluminium by filtration". Modern Casting, 1983.
 [13] G. Laslaz, P. Laty. "Gas porosity and metal cleanliness in aluminum casting alloys". AFS Transactions, vol. 99, 1991.
 [14] Liu, Samuel, F. "Effect of inclusions on the tensile properties of Al-7Si-0.35Mg (A356.2) aluminum casting alloys". 1998 University of Chicoutimi, Quebec, Canada.
 [15] M^a Estíbaliz Alcalde de la Cuesta, "Optimización de las prestaciones mecánicas y la productividad en piezas fundidas de aluminio mediante la utilización de simulación por ordenador". Universidad de Valladolid, Dpto. de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía en colaboración con CIDAUT, 2004. Proyecto Fin de Carrera para la obtención del título de Ingeniero Industrial. Directores: Juan Carlos Merino Senovilla, Jose Antonio Maroto Soto.
 [16] Takahashi, K. y Taniguchi, S. "Electromagnetic Separation of Nonmetallic Inclusion from Liquid Metal by Imposition of High Frequency Magnetic Field". ISIJ International, Vol. 43, n° 6, 2003, pp. 820-827.
 [17] EL-KADDAH, N.; Patel, A, D. y Natarajan, T. T. "The Electromagnetic Filtration of Molten Aluminum Using an Induced-Current Separator". JOM, Mayo, 1995, pp. 46-49.
 [18] MAKAROV, S.; Ludwig, R. y Apelian, D. "Electromagnetic Separation Techniques in Metal Casting (I): Conventional Methods". IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 36, n°4, 2004, pp. 2015-2021.
 [19] Taniguchi, S. y Brimacombe, J.K. "Separation on non-metallic inclusions from liquid metal by pinch force". Proceedings of the International Symposium on Electromagnetic Processing of Materials, Nagoya, Japón, 1994, pp. 429-434.
 [20] FLETCHER, D.; Gerber, R. y Moore, T. "An extended study of the electromagnetic separation of nonferrous metals from insulators". IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 31, n° 6, 1995, pp. 4187- 4189.

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

Caracterización cuantitativa de las correlaciones entre los defectos de fundición y la resistencia de las piezas de Al7SiMg

Yang, X., X. Huang, X. Dai, J. Campbell y R. J. Grant. En inglés. 10 pág.

El equipo de mi admirado amigo John Campbell ha utilizado el análisis de imagen para la determinación cuantitativa de defectos en piezas de la aleación Al7SiMg, fundidas con tres tipos de embudo de colada, comparándolas con las propiedades de flexión y la observación de microestructura por microscopía electrónica de barrido. Se han establecido coeficientes de correlación entre la resistencia y la densidad y fracción de área comprobándose que existe una buena reciprocidad entre las propiedades de las piezas y las características de los defectos. Un coeficiente cercano a 1 indica que la distribución de defectos es más uniforme con baja concentración de los mismos. La densidad y la magnitud de los defectos reflejan perfectamente el efecto de las películas de óxido en la resistencia de las piezas. Como era de esperar, cuando aumenta la cantidad de defectos disminuye la resistencia. Sin embargo, parece que la cantidad de defectos no es el factor más influyente siendo la morfología de los mismos es el factor más importante ya que la distribución de los defectos y su forma acicular facilitan la concentración de tensiones y la consecuente pérdida de resistencia. El análisis estructural revela que el embudo tipo vórtice (VR) da lugar a una distribución de defectos más uniforme que los embudos rectangulares (RR) o triangulares (TR), lo cual es consistente con los módulos de Weibull que son: 16,9 para el VR, 12,4 para el RR y 5,6 para el TR.

Materials Science and Technology (22) 2006 n° 5 p. 561-570

SEMISÓLIDOS

Microestructura y propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio reo-inyectadas

Fang, X., J. Patel y Z. Fan. En inglés, 4 pág.

Los sistemas de colada de semisólidos están alcanzando un notable grado de desarrollo, fruto de las investigaciones científicas y de los desarrollos industriales. En este artículo se describe un nuevo proceso denominado reo-inyección (Rhreo-diecast RDC) que combina una máquina de inyección tradicional con un generador de barbotina metálica con dos ejes helicoidales. El metal líquido al ser introducido en el aparato es sometido a una gran turbulencia y sufre grandes tensiones de cizallamiento que promueven una nucleación muy efectiva y un crecimiento esferoidal durante la solidificación obteniéndose una estructura de grano fino muy uniforme. El intercambio de calor entre el generador y el metal es rápido por lo que alcanzar la temperatura del semisólido se consigue en pocos segundos. Las piezas obtenidas, además de unas mejores características mecánicas, presentan muy poca porosidad, por lo que pueden ser soldadas y tratadas térmicamente sin problemas. Debido a su modo de solidificación y a la forma esferoidal de los granos la distribución de compuestos intermetálicos es muy uniforme, lo cual permite tolerar contenidos de Fe hasta el 1,5%. El rendimiento de colada es inferior al de la inyección tradicional pero queda compensado por un menor rechazo. Además, el metal sobrante puede devolverse directamente al horno de guión, eliminándose el tratamiento de los restos de semisólido. Por otra parte, al trabajar a temperaturas más bajas la duración de los moldes es mayor.

Foundry Trade Journal 181 n° 3646 Jul-Ago 2007, p. 220-23

INDICE de ANUNCIANTES

ABB	3	IBERIA ASHLAND CHEMICAL ... Contraportada 2	
ABRASIVOS Y MAQUINARIA ..	9	IDINOVA	29
AL AIR LIQUIDE	7	KANTHAL	11
BAUTERMIC	19	M.P.E.	17
BIEMH	15	REVISTAS TECNICAS	Contraportada 3
EURO-EQUIP	Contraportada 4	SMAGUA	31
FRECH ESPAÑA	PORTADA	SPECTRO	13
		TALLERES ALJU	5



edición,
diseño gráfico,
maquetación...

tels.: 91 610 03 11
687 75 33 64
fax: 91 610 03 11
www.maquetacionjg.com
E-mail: cliente@maquetacionjg.com

José González



Victor J. Ruiz
Creativo Publicitario

Diseño gráfico • Packaging • Diseño de Stands • Producción Gráfica
Edificio Cardenal Cisneros • Viriato, 2 • 28010 Madrid
Telf.: 91 447 86 87 • deleypublicidad@auna.com

Próximo número

FEBRERO

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