TRATER Press

FEBRERO 2018 • Nº 63

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

Innovative. Reliable. Precise.

SOLO Switzerland

Línea automática de tratamiento térmico SOLO Swiss Profitherm

www.soloswiss.es

SOLO sitio web suizo :

Síganos en :

Borel
Standard Furnaces & Ovens
Switzerland

www.borel-hornos.com

Hornos industriales

Hornos tubulares

Hornos de carro

Estufas industriales

Hornos de cámara

Hornos de retorta

30 BIEMH

YOU MAKE IT BIG

BE IN

INDUSTRY 4.0

INTELLIGENT PRODUCTION

INTEGRATED SYSTEMS

INTERNATIONAL OPPORTUNITIES

INNOVATION AND TRENDS

BILBAO-SPAIN
28 MAY/1 JUN
2018

Collaborators:

Euskadi, bien común

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

EKONOMIAREN GARAPEN ETA AZPIEGITURA SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS

AiMHE
ASOCIACIÓN DE IMPORTADORES DE MÁQUINA - HERRAMIENTA

Organizers:

AFM Advanced Manufacturing Technologies

www.afm.es

BEC! BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

www.biemh.com

Nuestra Portada

SOLO Swiss fabrica hornos industriales avanzados para el tratamiento térmico de metales. SOLO Swiss ofrece hornos de atmósfera, hornos de proceso por lotes, hornos de campana, hornos continuos utilizados en una variedad de procesos de tratamiento térmico (cementación, templado, revenido, recocido, transformación bainítica, nitruración, soldadura, carbonitruración, sinterización, nitrocarburación, oxinitruración, temple).

SOLO Swiss SA
Hornos Industriales
Tel. / Fax: +34 93 846 79 84 – mail@solo.swiss – www.soloswiss.es

Borel Suiza fabrica hornos y estufas para todas las aplicaciones de procesos térmicos. Borel Suiza ofrece una amplia gama de hornos estándar, estufas y hornos de alta temperatura, y muchos otros equipos desde 1927.

Borel Swiss
Hornos eléctricos, hornos industriales, hornos y estufas de laboratorio
Tel. /Fax: +34 93 846 79 84 – mail@borel.swiss – www.borel-hornos.com

Sumario • Febrero 2018 - Nº 63

Noticias 4

Día de Puertas Abiertas en SOLO Swiss, Porrentruy, Suiza • Desengrase, limpieza y correcto acabado de superficies.

Información

- Nuevo libro: "Fundiciones de hierro y otras aleaciones no férreas susceptibles de tratamiento térmico" 6
- Fórum de ARCAS - *Por Juan Martínez Arcas* 8
- La importancia del calzado en el entorno laboral 10
- La soldadura"vacuum brazing" se combina con la fabricación aditiva para obtener una refrigeración conformal óptima 14
- GLOBAL INDUSTRIe, del 27 al 30 de marzo 2018, en Paris Nord Villepinte 20
- Ya está disponible la primera edición del catálogo "Tus EPI's en 24h" de IPH Brammer 22
- Horno de temple Estanco. Instalación automática para tratamientos de alta calidad - *Por Insertec* 24
- TRATER DAY. Nuevas oportunidades y desarrollos avanzados en la industria de tratamiento térmico - *Por Instituto de Fundición TABIRA* 28
- Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre la microestructura de un bronce al níquel y aluminio (Nickel Aluminium Bronze, NAB) - *Por M. V. Biezma, L. Sánchez, I. Cobo* 36

Guía de compras 47

Índice de Anunciantes 50

Síguenos en

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

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

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

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

Redactor honorífico:
José María Palacios

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

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

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

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

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

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Día de Puertas Abiertas en SOLO Swiss, Porrentruy, Suiza

El 19 de enero de 2018, SOLO Swiss tuvo el placer de organizar un día de Puertas Abiertas para sus clientes. Más de 60 clientes de Francia, Suiza, Italia, Alemania y Rusia visitaron el taller donde se presentaron dos líneas automáticas de hornos de campana.

Con más de 70 años de experiencia, SOLO Swiss fabrica hornos de atmósfera para tratamiento térmico de metales desde 1945 que se venden en todo el mundo.

Info 1

MetalMadrid en septiembre

Los días 26 y 27 de septiembre, el sector industrial tendrá de nuevo su cita anual en los pabellones 2 y 4 de Feria de Madrid. Celebrado junto con Composite Spain y Robomatica, más de 500 empresas y 10.000 visitantes se darán cita para conocer las novedades en automatización y robótica, connected manufacturing, composites, soldadura, tratamiento de superficies, medida, inspección, calidad y testing, componentes para maquinaria, EPI's: Equipos de protección individual, subcontratación, máquina-herramienta, impresión 3D y mucho más.

El área expositiva se verá completada por dos salas de conferencias. En una de las salas se tratarán las novedades en materia de aeronáutica, automoción, connected manufacturing (Industria 4.0), IIOT y robótica, en la otra sala se hablará de composites y materiales avanzados, con contenidos exclusivos para esta industria, en la que intervendrán actores referentes en este sector.

En su conjunto, el evento contará con 23.000 m2 de ocupación y se espera superar las 500 empresas expositoras. De hecho, un 75% de las empresas participantes en la pasada edición, ya han confirmado su participación para la próxima edición.

"Será la mayor edición de MetalMadrid, Composite Spain y Robomatica", apunta Óscar Barranco, director de MetalMadrid "ha llegado el momento de dar identidad propia a los eventos, sin desligarlos. Por eso seleccionamos los pabellones 2 y 4 de Feria de Madrid, que nos ofrecen la oportunidad de celebrar las ferias con su identidad propia, pero sin perder la conexión entre ellas".

El objetivo de Easyfairs, nuevo organizador de MetalMadrid, es ofrecer a las comunidades la oportunidad de visitar el futuro, anticipándose a sus necesidades y presentando soluciones en un formato ideal. Por esto, en esta 11ª edición, más de 10.000 profesionales podrán disfrutar de nuevos espacios como bares networking, conferencias y áreas de demostración, que generen interacción y oportunidades de negocio para todos los actores del sector.

Info 2

Desengrase, limpieza y correcto acabado de superficies

En el pasado, no se prestaba atención a los posibles restos de suciedad residual: virutas, aceites, grasas, fibras, pegamentos, pastas… depositados sobre las piezas durante sus procesos de fabricación. Actualmente las normas son mucho más estrictas y exigen altos niveles de limpieza, incluso en algunos casos, con certificaciones para garantizar una limpieza total.

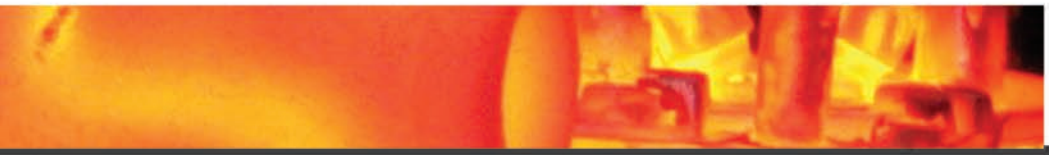
BAUTERMIC S.A. ofrece diferentes alternativas para lograr la máxima calidad de limpieza en todos sus fabricados.

Info 3

PORQUE LA DIFERENCIA SE MARCA DESDE EL PRINCIPIO

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

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



ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

SERVICIO INTEGRAL

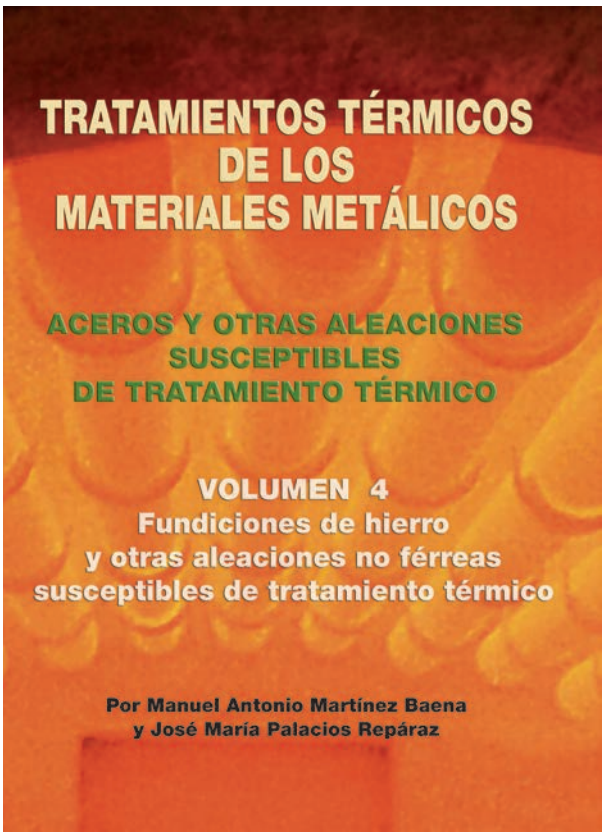
PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TERMICO Y GALVANIZADO EN CALIENTE

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

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

publiadk.com

Nuevo libro: "Fundiciones de hierro y otras aleaciones no férreas susceptibles de tratamiento térmico"



Este cuarto volumen, "Fundiciones de hierro y otras aleaciones no férreas susceptibles de tratamiento térmico", forma parte de una extensa obra estructurada en cuatro volúmenes cuyo título general aparece en portada. Los tres primeros volúmenes, ya editados, están dedicados a familiarizar al lector con los principios del tratamiento térmico de los aceros, con los aceros de construcción mecánica y de ingeniería, con los aceros de herramientas en general, así como de sus respectivos tratamientos térmicos.

Dado el carácter monográfico que se pretende en toda la obra, la primera parte de este libro se ocupa de las fundiciones de hierro y de los tratamientos térmicos aplicables a dichas aleaciones. La segunda parte está dedicada por entero al estudio de un reducido, pero muy relevante, grupo de metales y aleaciones no férreas de un alto interés tecnológico e industrial: aluminio y sus aleaciones, cobre y sus aleaciones, titanio y sus aleaciones; así como los tratamientos térmicos que pueden sufrir dichos materiales. Damos por supuesto que su valía y utilización en la mayoría de los más representativos sectores industriales, es tecnológica y metalúrgicamente incuestionable.

El capítulo final lo dedicamos al titanio y sus aleaciones, por ser uno de los últimos metales incorporado en los distintos campos de la Ciencia y de la Técnica. En virtud de sus potenciales propiedades mecánicas y tecnológicas, el titanio y sus aleaciones han alcanzado hoy día una muy relevante ascendencia, irrumpiendo con fuerza en sectores industriales de tanta importancia tecnológica como son: el aeroespacial, aeronáutico, construcción naval y el biomédico, entre otros. Materiales que están compitiendo directamente con el acero inoxidable, aleaciones de cobre, aleaciones de aluminio, aleaciones de níquel, etc., evidenciando ese extraordinario papel que técnicamente el titanio y sus aleaciones aportan.

El propósito que, como siempre, nos guía es el de contribuir a despertar un mayor interés por los temas que presentamos, permitiendo la adquisición de unos conocimientos básicos, con una visión de conjunto clara y sencilla, necesarios para los que han de utilizar o han de tratar tales metales y aleaciones.

Como ya se ha expresado en los tres volúmenes precedentes, no pretendemos haber sido originales al recoger y redactar los temas propuestos. Hemos aprovechado información procedente de importantes obras, así como de una muy extensa bibliografía sobre los temas que presentamos. Por nuestra parte, aportamos la experiencia adquirida durante largos años en la docencia y "arte" de la Metalurgia, así como una dilatada vida de trabajo en la industria metalmecánica en distintos sectores: tratamientos térmicos, aeronáutica, automoción, máquinas-herramienta y, en especial, en el de los aceros finos de construcción mecánica y de ingeniería.

HORNOS DE INDUCCIÓN

PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

I-HAZ

MAXIMIZA EL CONTROL DEL PROGRESO

MODO STAND-BY:

MINIMIZA LOS RECHAZOS EN PARADAS Y ARRANCADAS

INDUCTOTHERM GROUP | IBERIA

Alta productividad y alta seguridad para su forja

ONDARLAN, S.L.:
+34 943 635079
o visite: www.ondarlan.com
email: oficina@ondarlan.com
I.P. Videoconferencia: 88.2.227.10

Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas

Pueden formularnos las preguntas que deseen sobre la problemática de los Tratamientos Térmicos, dirigiéndose a la revista:

Por carta: Goya, 20, 1º - 28001 Madrid

Teléfono: 917 817 776

E-mail: pedeca@pedeca.es

Tanto preguntas como respuestas irán publicadas en sucesivos números de la revista por orden de llegada, gracias a la activa colaboración de D. Juan Martínez Arcas.

De acuerdo con el programa establecido en el primer artículo de este interesante tema sobre información técnica del material 17-4 PH, en esta ocasión trataremos del tema:

4. Forma y Condiciones de suministro

El acero inoxidable 17-4 PH, se presenta en el mercado en forma de barras, alambres, chapas, flejes y tochos.

Así mismo y a petición puede suministrarse con formas o preformas obtenidas por forja o fusión. El hecho de que el acero inoxidable en cuestión pueda ser fácilmente forjado y fundido, permite a los ingenieros y proyectistas aprovechar las excelentes propiedades de esta aleación y fabricarse por estos métodos.

Referente a las Condiciones, podemos decir que puesto que la temperatura de endurecimiento determina las propiedades mecánicas del acero 17-4 PH, ella constituye la base para establecer el "Estado" o la "Condición" de la aleación seguido de una letra "A" y que se refiere al acero tratado térmicamente por solubilización).

La palabra "Condición" seguida de la letra "H" y una serie de números nos indica que el suministro ha sido tratado con unos procesos especiales y que veremos en el apartado, 5. Tratamientos Térmicos.

Normalmente este acero inoxidable especial se suministra por parte de la acerería en la condición A (solubilizado como decíamos), ya que así son óptimas sus características de fabricación.

Una vez conformadas las piezas y practicamente acabadas, las piezas serán sometidas a un tratamiento de muy corta duración para su endurecimiento entre 482 y 621 °C.

En el supuesto de piezas solicitadas por forja, fundidas o con algunas soldaduras, se suministrarán con el TT de solubilizado a 1.037 °C y asi una vez acabadas o semiacabadas puedan someterse al TT de endurecimiento, donde el factor deformación es practicamente nulo debido a su estado y temperaturas de ejecución.

Nota importante: En el próximo número veremos con mucha claridad la clasificación y tipos de Tratamiento Térmico.

VI FÓRUM TÉCNICO INTERNACIONAL DE ESTAMPACIÓN EN CALIENTE 2018

18 de octubre

Automotive Intelligence Center (AIC), Bizkaia

tabira Instituto de Fundición

WFO

IK4 AZTERLAN Research Alliance

Solicitud de información del evento, mediante email a info@iftabira.org
o a través de la web http://bit.ly/2FboaAJ

MEDIA PARTNER MOLD Press TRATER Press

La importancia del calzado en el entorno laboral

¿Por qué no plantear que el personal trabaje seguro y cómodo si tiene una incidencia directa en el resultado? Por ejemplo, ante la obligación imperiosa de utilizar calzado de seguridad, ¿Podemos pensar que la selección de este calzado es un elemento más que afecta directamente al resultado? No imagino al presidente de un importante club de fútbol poniendo trabas acerca de que calzado deben usar sus jugadores, simplemente porque existan soluciones más económicas en el mercado. O a un atleta profesional reduciendo gastos en sus zapatillas de running.

Los pies, las piernas o la espalda del usuario de un calzado de seguridad, pueden verse afectadas por el uso de un calzado mal seleccionado e incidir directamente en su rendimiento laboral y en su salud. Las consecuencias del uso habitual de un mal calzado en nuestro día a día o para la práctica deportiva, son conocidas. Por supuesto, a nadie se le ocurre usar un zapato de verano en días de lluvia en invierno, no se adecúa al entorno.

Tampoco se nos ocurre usar un zapato incorrecto si tenemos alguna característica especial en el pie o sencillamente el diseño no encaja con la forma de nuestro pie. Todo esto ocurre también en nuestra actividad laboral.

Existen numerosos modelos que cumplen las mismas normativas. ¿Cómo diferenciar cual es el adecuado para mis trabajadores?

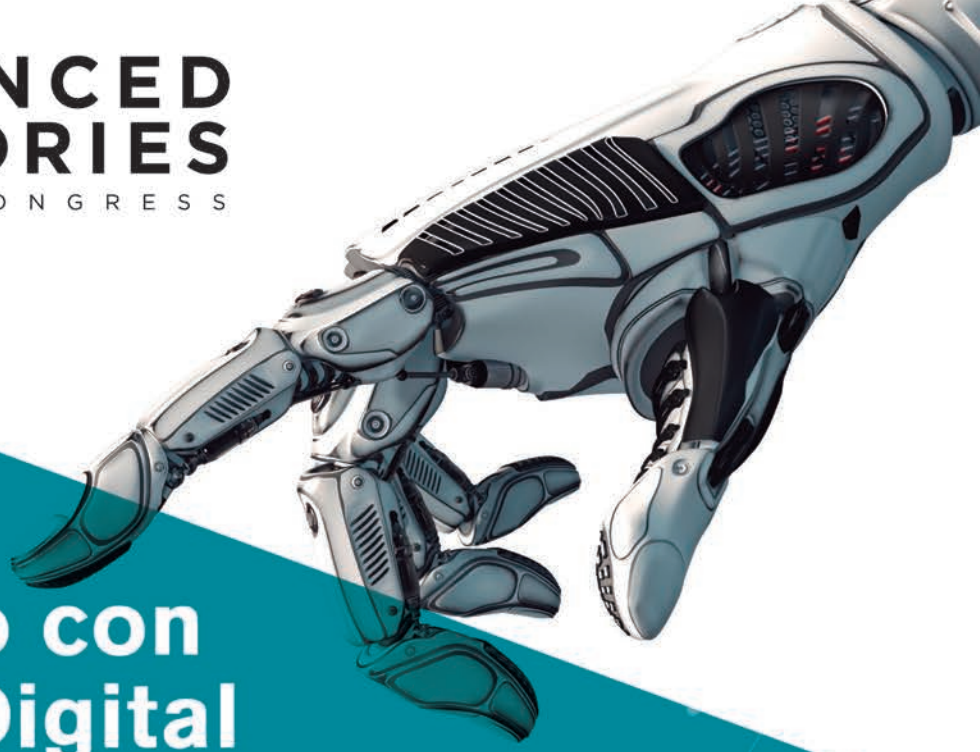
Independientemente de los requisitos especiales que puedan necesitarse debido a la actividad en concreto (fundición, soldadores etc…), se deben tener en cuenta tres tipos de factores que afectan de manera directa al usuario: el tiempo que debe trabajar con este EPI, el lugar de trabajo, y las características físicas del propio individuo.

Hay varios elementos y características de los zapatos de seguridad que debemos conocer para realizar una selección correcta y adecuada tanto a las condiciones de trabajo (físicas y temporales), como al propio usuario.

La amortiguación en un calzado de seguridad es fundamental para la comodidad y prevención de lesiones. La normativa nos habla de la "absorción de energía en el talón (E)" como requisito para calzado S1 hasta S5, que nos garantiza confort en la zona del pie que más sufre el impacto al caminar, pero no sólo de ello depende una correcta amortiguación.

Se debe tener en cuenta que no todas las personas tenemos el mismo peso y, por tanto, aplicamos diferente

ADVANCED FACTORIES
EXPO & CONGRESS



BARCELONA CCIB

13-15 MARZO

Conectando con la Fábrica Digital

DESCUBRE LAS MÁS INNOVADORAS SOLUCIONES DE LA INDUSTRIA 4.0 DE LA MANO DE +200 EMPRESAS EXPOSITORAS:

- MÁQUINA-HERRAMIENTA
- FRESADORAS
- DEFORMACIÓN
- ARRANQUE
- CORTE LÁSER
- ROBÓTICA
- INTRALOGÍSTICA
- FABRICACIÓN ADITIVA-3D
- IOT
- INTELIGENCIA ARTIFICIAL
- CLOUD INDUSTRIAL
- CIBERSEGURIDAD
- AUTOMATIZACIÓN
- BIG DATA
- SOFTWARE INDUSTRIAL

INDUSTRY 4.0 CONGRESS CON +170 SPEAKERS:

Arnd Schirrmann
AIRBUS

Claudio Kanter
GE

Hans Michel Krause
BOSCH

Nicolás de Abajo
ARCELOR MITTAL

Thierry Rayna
POLYTECHNIQUE PARÍS

Xavier Ferràs
ESADE-UVIC

7 FOROS VERTICALES:

- Aeronáutica
- Alimentación
- Automoción
- Ferroviario
- Salud
- Siderúrgia
- Textil

GLOBAL PARTNERS:

ABB · AMADA · hp · igus · SCHUNK · TCI cutting · TRUMPF

EVENT PARTNERS:

aggity · esi · KUKA · HEXAGON · MAQUINSER · minsait · Rockwell Automation · SCHAEFFLER · ZEISS

MEDIA PARTNER: TRATER Press

#AF2018

www.advancedfactories.com

EN COLABORACIÓN CON: eurecat

ORGANIZADO POR: NEBEXT

Consigue un 50% de descuento en la entrada Business Pass y Premium VIP Pass con el código AF2018TRA

energía en ese punto. Tampoco pisamos de la misma manera, y pese a que el talón es un punto crítico en este aspecto, también el resto del pie debe estar correctamente amortiguado.

El experto en zapatillas de running Morath, donde la amortiguación es tan importante para sus usuarios, suele decir; "Un camión tiene mucha más amortiguación que un coche pequeño, pero si te subes en el camión no mueves los amortiguadores, mientras que, si te subes en el coche pequeño, simplemente con que saltes, verás cómo se mueve hacia abajo". Esto hace que un calzado, de running o de seguridad, preparado para aguantar hasta 100 kilos, con alguien de 65 kilos ni se entera de que alguien va encima. Y para el trabajador será extremadamente duro.

Los ensayos en laboratorio sólo corroboran que la absorción de energía entra en los parámetros normativos, sin tener en cuenta quién los use. Sólo algunos fabricantes plantean opciones de absorción de energía en el talón en función del peso, o proponen sistemas que mejoran sustancialmente los mínimos que marcan los ensayos, fabricando sus calzados con materiales de alta calidad y duraderos.

La normativa también nos habla de una permeabilidad y un coeficiente de vapor de agua en el empeine y forro como requisito básico. Se realiza a los materiales un ensayo para determinar la capacidad para evacuar la humedad y sudor del pie.

Pese a ser un "requisito básico", existe una gran diferencia según los materiales. Sudar es una función normal biológica de nuestro cuerpo que ayuda regular su temperatura. Hay personas que sufren de hiperhidrosis, producción excesiva de sudor, y suele localizarse en pies y manos. Esto nos puede provocar una sensación constante de pies fríos, problemas de adherencia, reducción de la circulación sanguínea, así como proliferación de hongos y bacterias.

El uso de materiales, ya sean en el forro o en el material exterior, no transpirables, tales como determinadas calidades de pieles o algunos sintéticos de baja calidad, nos puede generar estos problemas en nuestro personal.

La puntera de seguridad, obligatoria en todo calzado de seguridad, también tiene por supuesto mucha incidencia en la ergonomía del mismo.

Las punteras clásicas metálicas, normalmente de acero, cada vez se usan menos debido a la gran evolución que ha habido en este campo. Actualmente muchos modelos incluyen punteras (y plantillas) no metálicas, fabricadas a base de composites o fibra de vidrio.

Los composites son ensamblajes de al menos 2 materiales bien cohesionados, formando un nuevo material con propiedades que los elementos por separado no tienen.

Conseguimos de esta manera punteras más flexibles, ligeras y con mayor aislamiento térmico (el acero no es buen aislante) que aportan mucha comodidad y alivian bastante el pie. Al ser un calzado sin piezas metálicas se consigue que sea amagnético y más resistente a la corrosión al no haber riesgo de oxidación.

Además, este tipo de materiales a diferencia del acero recuperan su forma tras un impacto. Esto es muy importante ya que de esta forma no queda el pie aplastado y se facilita su salida.

El riesgo por deslizamiento es un problema importante en determinadas industrias. También existe en este caso un ensayo que nos establecerá un coeficiente concreto para la situación específica que se realiza en el test; deslizamiento en pisos de acero o cerámicos, con una cantidad concreta de una solución lubricante. Indudablemente nos garantiza ciertos mínimos de antideslizamiento, pero no asegura que solucione el problema concreto que pueda tener en mi empresa.

Materiales como el TPU (Poliuretano Termoplástico) o el Caucho natural, son muy resistentes al deslizamiento.

Estos son sólo algunos aspectos que, además del cumplimento de las normativas, podemos plantearnos a la hora de seleccionar un calzado de seguridad y de este modo contribuir a una mayor adecuación del EPI al personal.

Cuanto mayor sea nuestro acierto, el operario trabajará más cómodo, más seguro y mejor, incidiendo sin duda en la consecución del éxito.

metalmadrid `18

LA FERIA ANUAL DE LA INNOVACIÓN INDUSTRIAL EN ESPAÑA

26 - 27 SEPTIEMBRE 2018 FERIA DE MADRID

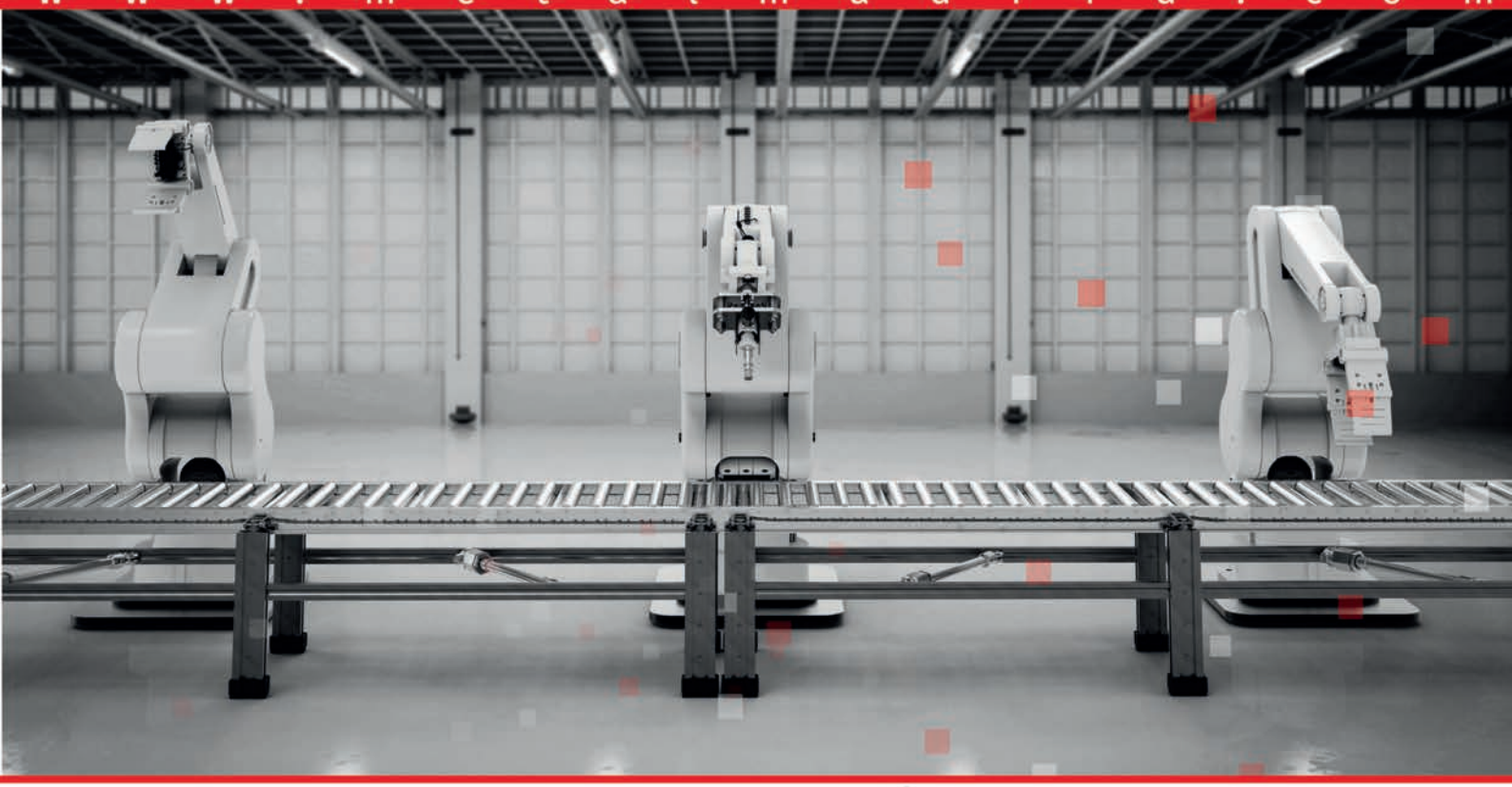
+500 expositores **+10.000** visitantes

¡PARTICIPA!

Junto a: ROBOMATICA COMPOSITE SPAIN

Máquina-Herramienta / *Machine-tools* **Automatización y Robótica** / *Automation & Robotics* **Industria 4.0** / *Connected Manufacturing* **Composites** / *Composite materials/Design/Processing* **Soldadura** / *Welding* **Subcontratación** / *Outsourcing* **Tratamiento de superficies** / *Surface Engineering* **Medida, inspección, calidad y testing** / *Metrology, Test, Measurement, Inspection* **Componentes para maquinaria** / *Components and Accessories* **EPI's: Equipos de protección individual** / *Safety Equipment* **Fabricación aditiva** / *Additive Manufacturing*

www.metalmadrid.com



Patrocinadores oficiales del evento:

Hoffmann Group · 30 1988 | 2018 EN ESPAÑA TRUMPF · LUBRICANTS. TECHNOLOGY. PEOPLE. FUCHS · SCHUNK

Colaboran:

Comunidad de Madrid · MADRID · GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

Contacto:

+34 91 541 24 88

metalmadrid@easyfairs.com

@MetalMadridEs

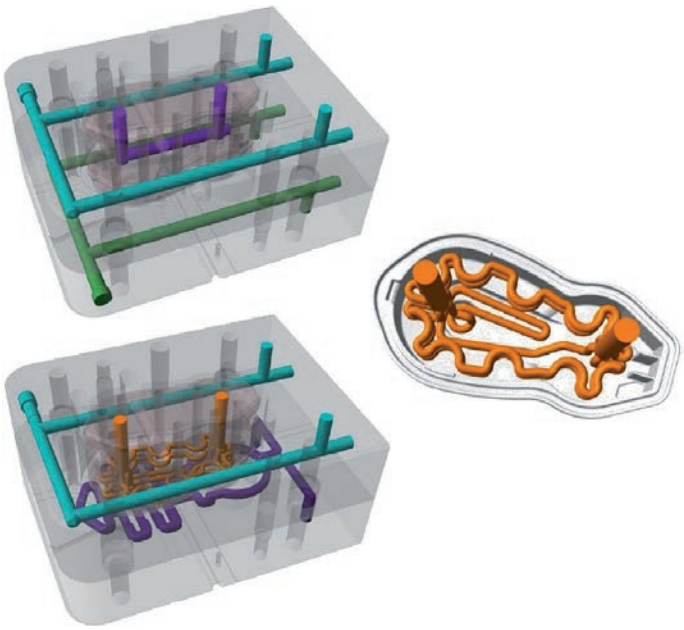
/in/MetalMadrid

by EASYFAIRS

La soldadura "vacuum brazing" se combina con la fabricación aditiva para obtener una refrigeración conformal óptima

Renishaw y la firma tecnológica Listemann Technology, con sede en Liechtenstein, han unido sus fuerzas para facilitar a los fabricantes de moldes una solución de refrigeración conformal óptima.

Dependiendo de la aplicación y la reducción del tiempo de ciclo necesaria, estas empresas diseñan y fabrican conjuntamente canales de refrigeración conformal mediante soldadura "vacuum brazing", sinterizado láser o una combinación de ambas, para conseguir el diseño más adecuado y eficiente para sus clientes.



En este molde, el inserto se ha creado mediante soldadura "vacuum brazing" y el núcleo con sinterizado láser. El análisis de IQ-Temp indicaba que, para reducir la duración de la fase de enfriamiento, el inserto de molde podría utilizar canales de refrigeración generados por soldadura "vacuum brazing", más económicos, pero hacía necesario el uso de canales más complejos y costosos para el núcleo, por lo que el sinterizado láser era la única opción. Imágenes cortesía de Schulz/wortundform.

Liechtenstein es un micro-estado ubicado entre Suiza y Austria. Es el cuarto país más pequeño del mundo. También es conocido como paraíso fiscal que acoge empresas multinacionales y servicios financieros.

"No obstante, cerca del 40 por ciento de su población activa trabaja en el sector industrial", afirma Manfred Boretius, presidente de Listemann en Liechtenstein.

Desde su fundación en 1990, Listemann ha seguido creciendo hasta convertirse en uno de los principales proveedores de procesos térmicos, que incluye tratamiento térmico, soldadura "vacuum brazing" y por haz de electrones, sinterizado, y servicios de ingeniería.

Entre otros servicios, la empresa brinda asistencia especializada a los fabricantes de moldes para fabricación de moldes de inyección con canales de refrigeración conformal, que optimiza la disipación de calor y acorta la duración de los ciclos en las operaciones de moldeado por inyección.

Explicación de la soldadura "vacuum brazing"

Aunque la mayoría de los fabricantes están familiarizados con la tecnología de sinterizado láser, la soldadura

"vacuum brazing" no es muy habitual, y a veces se confunde con la soldadura autógena.

La soldadura "vacuum brazing" permite crear componentes complejos uniendo piezas más sencillas mediante material de soldadura metálico, con puntos de fundición adaptados que discurren por capilaridad (sin asistencia de fuerzas externas, como la gravedad) por los espacios entre las piezas.

Para crear canales de refrigeración conformal, el molde se divide en varias secciones, se fresan los canales en estas piezas y, posteriormente, se sueldan en un horno de vacío a alta temperatura.

El metal o la aleación de relleno se calienta a una temperatura entre 750 y 1.200 °C, que se distribuye de forma homogénea entre las piezas formando una unión sellada con una resistencia excepcional.

"Pasado un plazo de 8–24 horas, la pieza sale del horno soldada, con tratamiento térmico y lista para el mecanizado final. Al contrario que con la soldadura autógena, la base metálica no se funde, por lo que la distorsión es muy baja. La unión es resistente a vibraciones, soporta altas temperaturas y no tiene huecos ni sobrantes", explica Manfred Boretius, presidente de Listemann Technology. "El proceso permite unir materiales distintos o, incluso, materiales no metálicos y al mismo tiempo endurece la pieza".

Según IQTemp, normalmente, el cliente entrega las piezas del molde para someterlas a tratamiento térmico y reducir las tensiones.

Todas las piezas se someten a una minuciosa limpieza y se desengrasan. Un cierto grado de rugosidad de la superficie, generado durante el mecanizado, facilita la capilaridad de material de soldadura y refuerza las uniones.

Las piezas se ensamblan de forma que quede el hueco necesario para que el material de soldadura elegido se inserte en el espacio entre las piezas.

A continuación, siguiendo un ciclo de temperatura y duración cuidadosamente programado, se introducen las piezas ensambladas en el horno de vacío, se calientan los componentes según el punto de fusión del material de soldadura, se mantiene a esta temperatura durante un tiempo específico y, posteriormente, se somete a un enfriamiento controlado.

El inserto de molde se divide en varias piezas para mecanizar los canales de refrigeración y, a continuación, se unen las piezas mediante soldadura "vacuum brazing". El material de soldadura en láminas se inserta entre las piezas que se van a fundir aplicando calor. El tratamiento térmico se realiza en un horno a alta temperatura, hasta 1.000°C aproximadamente, a la vez que endurece la pieza. Los pasadores sujetan las piezas en sus posiciones. Imágenes cortesía de Schulz/wortundform.

El material de soldadura fundido suaviza y humedece el recorrido, y rellena todos los huecos uniendo las piezas metalúrgicamente. "Al realizar este proceso al vacío sin ningún fundente, no se genera oxidación en las superficies, por consiguiente las uniones están libres de huecos y tienen una resistencia extraordinaria", afirma Boretius. "Si se emplean los materiales adecuados en los componentes del ensamblaje, es posible diseñar el ciclo de calentamiento y enfriamiento para templado, envejecimiento térmico, endurecimiento por precipitación o endurecimiento y templado del componente durante la soldadura, por lo que se reduce considerablemente la duración y el coste".

Los materiales de soldadura fuerte varían según los requisitos técnicos y son generalmente, aleaciones de níquel, oro, plata o cobre, dependiendo de los materiales de base que se van a unir. Según las necesidades, se emplean distintos tipos de materiales de soldadura, por ejemplo, láminas, hilo, polvo o pasta.

Según Boretius, las láminas pueden ser de tan solo 50 micras de espesor, suficiente para realizar una buena unión si las piezas se han preparado adecuadamente, ya que el hueco de soldadura debe tener de 0,03 a 0,05 milímetros de ancho para garantizar una buena capilaridad y uniones correctas.

"Después de realizar la unión, ésta es prácticamente indestructible y de calidad repetible, ya que, una vez establecido el proceso de soldadura "vacuum brazing" correcto, se ejecuta el mismo programa. Se requieren conocimientos y experiencia en metalurgia considerables", afirma Boretius. "Existen diversos factores que tienen un impacto significativo en el componente resultante, entre otros, la preparación de la superficie y el acabado de las piezas, el diseño correcto de la unión, la selección del material de soldadura más adecuado y el tipo (lámina, hilo, polvo o pasta) y el diseño óptimo de los ciclos de calor, duración y enfriamiento".

Para finalizar, se prueban todas las plantillas de molde para detectar fugas de helio, que señalan hasta el mínimo defecto antes de entregarlo al cliente.

Fusión de núcleos de molde de varios componentes, ensamblajes de cavidades

"Hay varias formas de crear sistemas de refrigeración conformal en moldes, por ejemplo, sinterizado láser y soldadura "vacuum brazing"", explica Boretius. "Estamos especializados en la tecnología de soldadura "vacuum brazing" para unión de núcleos de molde de varios componentes y ensamblajes de cavidades para sistemas de refrigeración conformal, ya que es una tecnología totalmente desarrollada que permite unir materiales distintos. Por ejemplo, es posible unir cobre y acero o acero y cerámica".

Boretius admite que Listemann consideraba las tecnologías de fabricación aditiva, como el sinterizado láser, tecnologías rivales. Sin embargo, ahora la compañía es consciente de que las coincidencias son mínimas.

"Mientras que la soldadura "vacuum brazing" es idónea para insertos y núcleos de molde grandes, aplicaciones de varias cavidades y materiales de unión, el sinterizado láser es más adecuado para insertos y núcleos más pequeños, productos muy personalizados y geo-

metrías complejas. Ambas tecnologías sólo coinciden en aproximadamente un 5 por ciento de aplicaciones. Existe una división clara".

Por consiguiente, la empresa se asoció con Renishaw Inc., que absorbió la división de aplicaciones de sinterizado láser de Listemann (LBC Engineering) en 2013 y creó una nueva marca denominada IQTemp (inteligencia y calidad para moldes y matrices).

IQTemp se creó para proporcionar soluciones de refrigeración conformal a sus clientes mediante soldadura "vacuum brazing" y sinterizado láser.

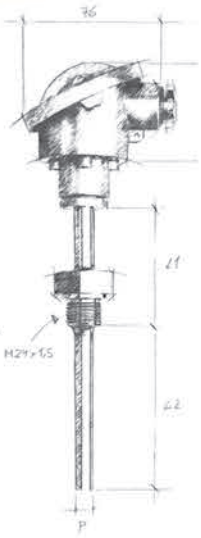
"Se trata de encontrar el diseño de refrigeración conformal más eficaz y rentable para nuestros clientes", comenta Carlo Hüsken, jefe de diseño de Renishaw. "Por ejemplo, si los canales de refrigeración son demasiado complejos para su fresado y soldadura "vacuum brazing", recomendamos el sinterizado láser. Puesto que los procesos de fusión láser selectiva (SLM) son costosos, podríamos recomendar también la producción de piezas de insertos y núcleos de manera convencional y fabricar la pieza con canales de refrigeración conformal con fabricación aditiva".

Según Hüsken, utilizan análisis de mecánica de fluidos computacional (CFD) y transferencia térmica para encontrar la solución de refrigeración conformal óptima. "Diseñamos distintos tipos de canales de refrigeración prácticamente en un molde de inyección y comparamos el rendimiento del tiempo de enfriamiento, el perfil de temperatura y el alabeo de la pieza. Las condiciones de trabajo durante el proceso de inyección, por ejemplo, exigen una distancia mínima desde la superficie del molde al canal de refrigeración. Los valores de presión y caída de temperatura durante el proceso son restricciones para obtener un diseño correcto".

Los canales de refrigeración complejos sólo pueden crearse mediante SLM. Si la simulación muestra que los

FABRICACIÓN SENSORES DE TEMPERATURA

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



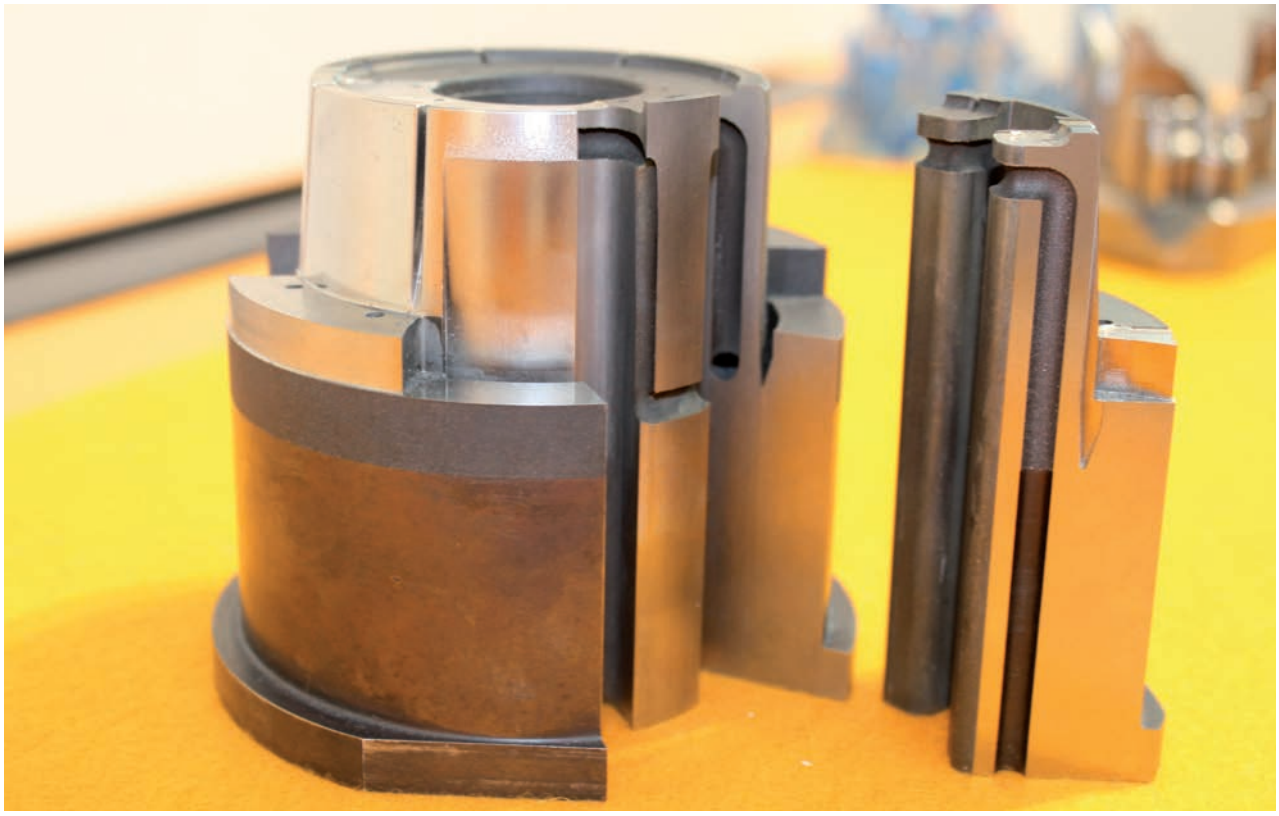
LABORATORIO CALIBRACIÓN in situ

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

SCI Suministro y Calibracion Industrial s.l.

www.sciempresa.com

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



En la parte superior de estas piezas, se crean los canales de refrigeración mediante SLM. La parte inferior se mecaniza de forma convencional para reducir costes. Imágenes cortesía de Schulz/wortundform.

canales de refrigeración complejos tienen un potencial de mejora considerable en tasas de producción y calidad de piezas, el equipo de IQTemp propondrá este diseño.

El equipo recomendará este método, aunque sea más caro que fabricar canales menos complejos mediante fresado y soldadura "vacuum brazing".

No obstante, si la simulación muestra que los dos diseños producen los mismos resultados, propondrán la solución menos costosa con canales de refrigeración menos complejos.

Aunque Hüsken y Boretius admiten que, debido a las restricciones del material, todavía no pueden fabricar piezas híbridas con áreas de sinterizado láser y soldadura fuerte al vacío en una única pieza, las empresas continúan investigando.

En determinados casos, los canales de refrigeración conformal de un molde se crean con las dos tecnologías, una para el núcleo y otra para el inserto.

Por ejemplo, IQTemp diseñó y fabricó un molde de inyección con tiempos de ciclo de 32,8 segundos y un tiempo de enfriamiento de 18 segundos sin refrigeración conformal. Unos canales de refrigeración con un diseño de circulación mejorado que genere un caudal de alta turbulencia en su interior podría hacer el molde más eficiente.

Concretamente, los análisis de CFD mostraron que este tipo de canal de refrigeración conformal podría reducir la fase de enfriamiento a 9,5 segundos, un ahorro de tiempo del 47 por ciento aproximadamente.

El inserto de molde se realizó con soldadura "vacuum brazing" y el núcleo con sinterizado láser.

El análisis de IQTemp demostró que la creación de canales de refrigeración menos complejos y costosos mediante fresado y soldadura "vacuum brazing" era suficiente para que el inserto de molde alcanzase la reducción necesaria de tiempo de enfriamiento.

En cambio, el núcleo del molde precisaba canales más complejos para obtener el resultado necesario, por lo que el sinterizado láser era la única opción.

Impreso con la autorización de la revista MoldMaking Technology, copyright 2018, Gardner Business Media, EE. UU.

30€

40€

40€

35€

¡Ya a la venta el Volumen 4!

Con la aparición del 4º volumen "Fundiciones de hierro y otras aleaciones no férreas susceptibles de tratamiento térmico" del título general de la obra "Tratamientos Térmicos de los Materiales Metálicos, Aceros y otras Aleaciones susceptibles de Tratamiento Térmico" de D. Manuel Antonio Martínez Baena cierra el ciclo de una obra estructurada en 4 libros,

La primera parte del volumen 4, se refiere a las fundiciones de hierro, pasando revista a las fundiciones grises, a las fundiciones atruchadas y fundiciones blancas.

Se incluyen también los 2 tipos de fundiciones maleables: la de corazón negro y la de corazón blanco, así como los procesos térmicos de recocido para su obtención a partir de la fundición blanca. Capítulo aparte merecen las fundiciones especiales: las de grafito compacto y las de grafito esferoidal. Igualmente reciben una cuidadosa atención las fundiciones calidad ADI, en las que se detalla en profundidad, dada su especificidad, el tratamiento térmico. Al mismo tiempo que se hace un breve comentario sobre las fundiciones ACI y las AGI.

La segunda parte del libro está dedicada a las aleaciones no férreas, tanto para forja, como para moldeo: bonificables o no bonificables. En las aleaciones de cobre se analizan tanto los latones, como los bronces ordinarios, así como las calidades de mayor aleación: cuproaluminio, cuprosiliceos, cuproberilios y cuproníqueles.

Finalmente se dedica un capítulo a las aleaciones de titanio y su tratamiento térmico. Tras la clasificación de las distintas familias, son adecuadamente descritas las aleaciones alfa α, las beta β, así como las Alfa α + beta β.

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

GLOBAL INDUSTRIe, del 27 al 30 de marzo 2018, en Paris Nord Villepinte

Para responder a las expectativas de los poderes públicos en torno a la industria y la innovación francesa, GL events, en su papel de animador de estas comunidades, ha puesto en marcha una estrategia ofensiva para reunir una oferta sin precedentes en los salones industriales de Francia. Se ha dado un nuevo paso adelante con la presentación del nuevo nombre.

GLOBAL INDUSTRIe

Las 4 entidades –MIDEST, SMART-INDUSTRIES, INDUSTRIE y TOLEXPO– se unen para formar GLOBAL INDUSTRIe. Este evento de dimensiones internacionales reúne todas las etapas de la cadena de valor industrial. Esta sinergia inédita puede contar con el apoyo de las autoridades públicas, nacionales y territoriales, la Alianza para la Industria del Futuro (AIF) y las organizaciones socioprofesionales en su conjunto.

GLOBAL INDUSTRIe reúne, en una unidad de tiempo y lugar:

- Todo el ecosistema industrial: start-ups, proveedores de productos/soluciones, fabricantes de equipos, subcontratistas, contratistas principales, grandes grupos, regiones.
- Toda la cadena de valor: investigación e innovación, diseño, producción, servicios, formación.
- Todos los sectores usuarios: transporte y movilidad, energías, agroalimentación, infraestructuras, bienes de consumo, química, cosmetología, farmacia, mecánica, defensa/militar, metalurgia, siderurgia...

GLOBAL INDUSTRIe federa la industria en su conjunto, todos los expositores y todas las corporaciones que apoyan esta iniciativa:

El 79% de los visitantes ven interés en visitar una nueva feria que reúne MIDEST, SMART-INDUSTRIES, INDUSTRIE Paris y TOLEXPO*.

El 96% de los visitantes, directamente involucrados en la industria del futuro, afirman que visitarán este nuevo evento en marzo de 2018*.

El 91% de los expositores cree que esta agrupación de salones beneficiará a su negocio*.

Demostración, información y formación

Destacando el saber hacer y la excelencia francesa e internacional, los objetivos de GLOBAL INDUSTRIe son:

- Prefigurar la Industria del futuro y la innovación a esca-

la europea a través de su Fábrica Conectada: un gran demostrador en funcionamiento de más de 1.000 m², que combina las tecnologías y los conocimientos técnicos presentados en las 4 ferias (76% de los visitantes desean encontrar equipos en funcionamiento en una exposición*).

- Informar sobre la industria del futuro y la innovación con sus platós de TV por donde pasarán los líderes empresariales franceses e internacionales, las principales cuentas y los expertos quienes compartirán sus experiencias...
- Promover la imagen de la industria en Francia ante el público en general, en particular los jóvenes, para apoyarlos en sus nuevas carreras y competencias con su Campus, reuniendo todas las acciones llevadas a cabo para promover el empleo, la formación y el atractivo de los oficios de la industria.

Por su oferta, sus animaciones y su programa de conferencias orientado hacia el futuro, GLOBAL INDUSTRIe reflejará, más que cualquier otro evento del sector, las evoluciones que están configurando hoy la industria del mañana.

* Estudio Goudlink para GL Events – Sept. 2017, realizado entre una muestra representativa de las 4 ferias.

GLOBAL INDUSTRIe Fédère les salons | MIDEST | SMART INDUSTRIES | INDUSTRIe | TOLEXPO

GLOBAL INDUSTRIe en cifras

Del 27 al 30 de marzo 2018, en Paris Nord Villepinte
MIDEST: Pabellones 1, 2 y 3
SMART INDUSTRIES: Pabellones 3 y 4
INDUSTRIE: Pabellones 4 y 5
TOLEXPO: Pabellón 5
100.000 m² de exposición
2.700 expositores
50.000 visitantes esperados con 50 sectores representados
El 25% internacionales
80% de tomadores de decisiones

Ya está disponible la primera edición del catálogo "Tus EPI's en 24h" de IPH Brammer

IPH Brammer lanzó su primer Catálogo de EPI's en 24h coincidiendo con SICUR, Salón Internacional de la Seguridad, que se celebró del 20 al 23 de Febrero en Ifema, Madrid. El catálogo incluye más de 3.000 referencias de producto con entrega en 24 horas.

Con este nuevo catálogo, también disponible en la plataforma de compra Brammer online, la firma da un paso más en su vocación de ser el partner referente en seguridad para la industria, con una oferta de servicios en constante evolución.

El objetivo del catálogo es garantizar la posibilidad de cubrir cualquier riesgo de un día para otro, con una amplia oferta de artículos con entrega en 24 h, un único número de teléfono para aclarar cualquier consulta técnica y una estructura de contenidos adaptada a facilitar a los profesionales la elección del equipo de protección individual más adecuado en cada caso.

Por este motivo, en cada capítulo encontrarán una introducción a la normativa explicando qué tipo de protección es necesaria, un resumen de los servicios que ofrece Brammer frente a los riesgos específicos del capítulo y una amplia selección de productos de las principales marcas del sector, agrupadas por usos equivalentes para hacer la selección más sencilla. Como explica Óscar Aguilar, Director Comercial Nacional de IPH Brammer "El objetivo es facilitar a los profesionales la elección de los productos y cubrir cualquier necesidad en 24h. Por este motivo se ha trabajado de la mano de los especialistas de producto en estructurar y agrupar por usos equivalentes la selección de artículos, además de poner a disposi-

ción de los clientes un único número de teléfono de atención al cliente donde podrán resolver sus dudas".

Entre las múltiples referencias del catálogo, figura GISS, marca distribuida de forma exclusiva por el grupo IPH Brammer y nueva marca para el mercado nacional.

GISS ofrece productos en protección ocular, respiratoria, protección de cabeza y manos, y EPIs para trabajos en altura como arneses, elementos de conexión con absorbedor, anclajes, mosquetones, retráctiles de cable y cinta.

Brammer es el único centro competente a nivel nacional capacitado por GISS para la revisión visual y funcional de la gama de EPIs GISS para trabajos en altura.

Tu partner en seguridad

Con herramientas como el nuevo catálogo de EPIs en 24 h, Brammer sigue apostando por la seguridad y la salud laboral. "Nuestro objetivo es que todos nuestros clientes cuenten con nosotros como partner de referencia a la hora de implementar mejoras en el área de prevención de riesgos", explica Jesús Martínez Planas, CEO de IPH Brammer en España.

Para ello, la firma pone a la disposición de los profesionales un equipo de especialistas en equipos de protección personal que, junto a su red comercial, cubre todo el territorio nacional y asesoran a los profesionales frente a cualquier tipo de riesgo.

Hoy en día, ya son más de 2.500 clientes los que confían en Brammer en materia de seguridad.

Unión de fuerzas

La unión de fuerzas entre IPH y Brammer, que tiene como resultado la creación de un líder a nivel europeo en la distribución de suministros industriales, implica una mejora en las capacidades logísticas y los recursos técnicos y humanos ofrecidos a sus clientes.

Así mismo, la empresa dispone de una más amplia gama de productos, servicios y marcas para satisfacer las necesidades de los clientes y conseguir mayores ahorros en sus costes.

Horno de temple Estanco

Instalación automática para tratamientos de alta calidad

Por Insertec

La automatización ha llegado a ser un objetivo de máxima prioridad para la industria mecánica y metalúrgica, en el desarrollo de procesos modernos de fabricación de piezas en grandes series.

El tratamiento térmico juega un papel fundamental en la calidad final de estas piezas, siendo necesario por tanto, disponer de unas instalaciones adecuadas para llevarlo a cabo, tendiendo a eliminar los errores humanos y reduciendo los costes de explotación.

Puerta salida horno tránsfer.

Insertec ha utilizado su amplia experiencia y la de sus colaboradores, en instalaciones automatizadas de hornos industriales, para aplicarla directa y eficazmente al sector de tratamiento térmico.

Aplicaciones

El horno tránsfer con tanque de temple incorporado y construcción estanca al gas de Insertec, se emplea para realizar diversos tratamientos térmicos bajo atmósfera inerte o controlada, hasta temperaturas de trabajo de 1.000 °C (también disponible en construcción especial hasta 1.100 °C), destacando los siguientes procesos:

Temple en aceite

- Cementación gaseosa.
- Con temple directo.
- Con enfriamiento intermedio.
- Carbonitruración gaseosa.
- Restauración de carbono.
- Austenizado y temple.

Enfriamiento en gas

- Cementación gaseosa con enfriamiento en atmósfera protectora.
- Normalizado.
- Recocido.

Todas las etapas del tratamiento, incluyendo el paso a temple o el proceso de enfriamiento en gas, son realizadas bajo condiciones de atmósfera controlada; de esta forma se evita tanto la oxidación como la decarburación de las piezas tratadas debido al contacto con el aire.

Las consignas de temperatura y de atmósfera pueden ser cambiadas fácilmente, con lo que este tipo de horno es especialmente adecuado en aquellas aplicaciones donde se requiera diferentes capacidades de producción, tipos de ciclo de tratamiento y calidad final de acero.

Las piezas a tratar se cargan en bandejas o cestas, de forma que las piezas delicadas estén protegidas ante posibles deformaciones, durante los movimientos en el interior del horno.

Algunos de los componentes típicos a tratar en este tipo de instalaciones son: bulones y ejes:

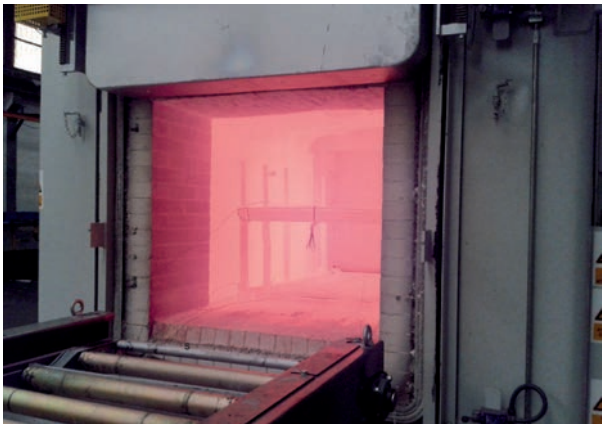
- Cojinetes.
- Engranajes y piñones.
- Matrices.
- Piezas de maquinaria en general.

El horno puede ser incorporado en una cadena de fabricación o como elemento auxiliar, siendo de un diseño compacto y no necesitando fundiciones especiales.

Detalles constructivos

Las diferentes partes que componen el horno, pre-cámara o vestíbulo de entrada y enfriamiento, tanque de aceite y cámara de calentamiento, están construidas de forma que sean un recinto común con atmósfera controlada.

Vista interior mufla y agitador.



Vista frontal horno tránsfer en carga.

Cámara de calentamiento

La cámara de calentamiento está aislada térmicamente mediante ladrillos refractarios y materiales microporosos aislantes, en base a silicatos inorgánicos.

La cámara de calentamiento dispone en su interior de una mufla para la recirculación de la atmósfera interior y una solera de apoyo de la carga, ambas construidas en piezas de material carburo silicio.

El agitador de atmósfera, situado en la bóveda de la cámara de calentamiento, genera la agitación del gas necesaria para conseguir, además de una composición de la atmósfera uniforme, un calentamiento rápido y uniforme de la carga.

El calentamiento se realiza mediante tubos radiantes, colocados verticalmente en las paredes laterales. En su interior se puede disponer de quemadores autorecuperantes a gas (modelo ttig) o de resistencias eléctricas (modelo ttie).

La cámara de calentamiento dispone de termopares para control de temperatura, sonda de oxígeno o sonda lambda para control del potencial de carbono, toma de muestra de gas y orificio para introducción de probetas. Estos controles son indispensables si se requiere un tratamiento de calidad.

Mecanismo de transferencia carga

Una vez finalizado el ciclo en la cámara de calentamiento, el paso al vestíbulo se realiza de forma que la carga no está en contacto con el aire, sino con la propia atmósfera controlada.

El mecanismo deposita la carga en un ascensor, que en función del ciclo establecido, la descenderá al baño de aceite o la mantendrá enfriando en el vestíbulo.

Vestíbulo

Esta cámara tiene las paredes refrigeradas por agua, lo que permite evacuar rápidamente la inercia térmica de las piezas tratadas. Puede ir provista de un ventilador para la recirculación de la atmósfera existente.

El tanque de aceite se encuentra en la parte inferior del vestíbulo. La temperatura del fluido de temple se mantiene constante y controlada mediante resistencias eléctricas de inmersión y un intercambiador de calor exterior, aceite-agua o aceite-aire.

La capacidad de temple se intensifica por la acción de unos agitadores del aceite, cuyo sentido de agitación y velocidad pueden ser regulados. Así, el poder de temple puede ser adaptado a la naturaleza de la carga.

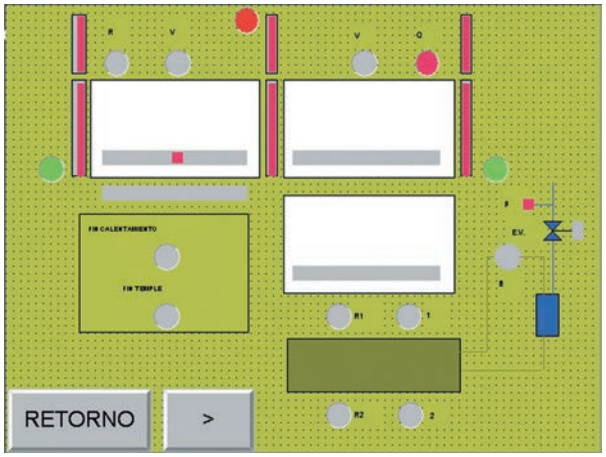
Regulación y control

Los parámetros de temperatura y atmósfera del ciclo de tratamiento térmico, son controlados de forma totalmente automática.

Las temperaturas de trabajo, los tiempos de los ciclos y la composición de la atmósfera, en función de la carga y del tratamiento elegido, son introducidos en el programador digital instalado en el armario eléctrico de control.

Dicho programador tiene la capacidad de almacenar varios programas preestablecidos, convirtiéndolo en una herramienta indispensable en este tipo de instalaciones.

El armario eléctrico incorpora una pantalla de operador, para mando y visualización de sinópticos de proceso, alarmas, valores de consigna, etc.



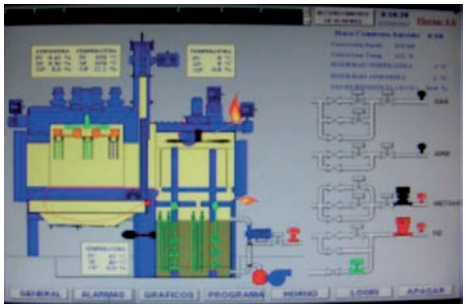
Sinóptico general del horno.

Vista general panel de gases.

El control de la atmósfera se realiza a través de un regulador digital y una sonda de oxígeno o de una sonda lambda, de forma que se esté continuamente ajustando a los valores prefijados.

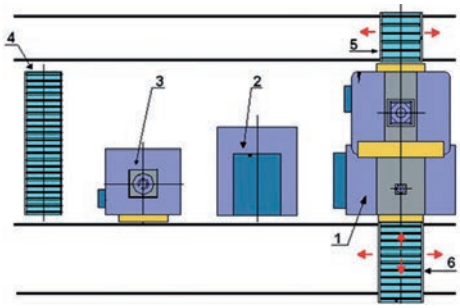
Para ello se dispone de un panel de mezcla de gases con admisión de gas hidrocarburo, por si es necesario enriquecer la mezcla de aire o si es necesario empobrecerla.

Vista general lavadora.



Sistema supervisión y control de proceso.

Vista general carro cargador.



Emplazamiento típico instalación.

Equipos auxiliares

El gas portador puede ser el llamado gas sintético, originado por mezcla de N y CH OH o producido en un generador de atmósfera endotérmica Insertec.

El horno puede ir complementado con un sistema informático de supervisión y control de proceso, para elaboración de programas, seguimiento de históricos, centralización de gestión, etc.

Insertec suministra otros equipos diseñados para trabajar conjuntamente con el horno tránsfer, como:

- Hornos de revenido y precalentamiento, con y sin atmósfera protectora.
- Lavadoras.
- Elementos de introducción, extracción y transferencia de la carga entre unidades.
- Generadores de atmósfera.

Una instalación tipo de tratamiento térmico estaría compuesta por

1. Horno tránsfer con tanque de temple incorporado.
2. Lavadora para eliminar aceites antes del revenido o previo al austenizado.
3. Horno de revenido.
4. Estación de carga y descarga.
5. Carro de carga.
6. Carro de carga y descarga.

Próximos números TRATER Press

Abril

Nº Especial AEROSPACE (Sevilla).

Hornos de sales. Instalaciones de atmósferas protectoras. Refractarios. Aislantes. Quemadores. Calentadores. Calidad. Laboratorio. Reguladores de temperatura. Cañas pirométricas. Metrología. Tratamiento térmico de metales férreos y no férreos.

Junio

Nº Especial BIEMH (Bilbao).

Gases especiales. Elementos y útiles para hornos. Robots. Software de control Automatización. Microscopía. Análisis de gases, agua. Sales. Utillajes. Recambios.

TRATER DAY
Nuevas oportunidades y desarrollos avanzados en la industria de tratamiento térmico

Por Instituto de Fundición TABIRA

Para conseguir distintos fines a través de la aplicación de tratamientos térmicos, existe un conjunto muy variado de procesos y de distintas combinaciones de los mismos. Esta gran diversidad, no solo en tipos de tratamiento, sino en aleaciones o en exigencias técnicas y caracterización mecánica a conseguir, exigen a la industria mantenerse al día en términos de conocimientos avanzado y nuevas soluciones. Así, estar al tanto de la multitud de opciones que el mercado ya está aplicando, se antoja fundamental para lograr los efectos deseados.

Con la idea de reunir a empresas de este sector para compartir y conocer de primera mano algunas de estas innovaciones, el INSTITUTO DE FUNDICIÓN TABIRA, el Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN y la revista TRATER Press organizaron durante el día 23 de noviembre de 2017 el III Fórum Técnico de Tratamiento

Alrededor de 100 profesionales de 70 compañías y centros tomaron parte en este encuentro técnico del sector del Tratamiento Térmico.

Térmico, un punto de encuentro para profesionales, técnicos y equipos de investigación especializados en los últimos avances e innovaciones en los distintos ámbitos de la industria del tratamiento térmico (tecnologías de temple, tratamientos superficiales, caracterización, medición, recubrimientos…). A través del programa técnico presentado en este Trater Day 2017, cerca de 100 profesionales de empresas referentes del sector de los tratamientos térmicos y representantes de sectores estratégicos que los aplican, pudieron conocer algunas claves que permiten avanzar una industria más competitiva en este relevante ámbito.

El evento contó con la colaboración de técnicos y especialistas de primer nivel de las empresas TALENS SYSTEMS S.L. (ETXE-TAR Group), CEIT-IK4, QUINTUS TECHNOLOGIES, A3TS Assoc. de traitement thermique et de traitement de Surface, OERLIKON BALZERS Spain, GHI Hornos Industriales, ONDARLAN INDUCTOTHERM GROUP IBERIA y TORRAVAL COOLING, S.L., así como del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN y revista TRATER Press.

Tras la correspondiente bienvenida a los asistentes por parte de José Javier González, Secretario General del Instituto de Fundición TABIRA, se dio inicio al programa técnico del Fórum. La primera de las ponencias compartidas corrió a cargo de la compañía TALENS SYSTEMS S.L., perteneciente al Grupo ETXE-TAR. El ponente, Juan Isaza (Business Development Manager), abordó la "Tecnología láser aplicada al tratamiento superficial térmico: aplicaciones avanzadas en Automoción y otros campos".

Juan Isaza. Business Development Manager, TALENS SYSTEMS S.L. (ETXE-TAR GROUP).

El bloque inicial de su presentación técnica abordó las características tecnológicas del tratamiento superficial térmico por láser. La tecnología láser se puede aplicar para tratar componentes diversos en una amplia gama de industrias, siendo adecuada para la modificación superficial de geometrías complejas, logrando propiedades que mejoran la función de dichos componentes. Algunos de los beneficios comentados fueron: proceso muy preciso, muy baja distorsión, profundidad y anchura de endurecimiento ajustable, independencia sobre la geometría (no hay elementos de contacto), haz ajustable durante el proceso, basado en CAD/CAM, sin necesidad de medio de enfriamiento medio o atmósfera controlada.

Durante esta parte de la ponencia, se fueron revisando desde la relación entre la densidad energética y el tiempo de interacción para distintas técnicas (indicando para una de ellas su impacto), hasta distintas herramientas de proceso existentes.

Apoyado en videos explicativos y numerosos datos técnicos, se detallaron a continuación las ventajas que el tratamiento térmico por láser tiene sobre el método de calentamiento por inducción en los cigüeñales, en términos de calidad final de la pieza, eficiencia, flexibilidad y sostenibilidad. Se argumentó, mediante dichos datos, cómo componentes de motor como cigüeñales y árboles de levas pueden tratados térmicamente y de forma local mediante láser, definiendo áreas específicas a ser afectadas y evitando deformaciones térmicas.

A continuación, el ponente abordó la utilización del láser en componentes ligeros, detallando las claves técnicas de los resultados obtenidos tras su aplicación en distintas partes del Body in White (BIW).

El Fórum Técnico continuó a través de una presentación de Iñigo Iturriza, Responsable del Grupo de Fabricación Aditiva y Láser en el centro CEIT-IK4, que trasladó en su conferencia contenidos sobre el "Prensado isostático en caliente (HIP) como tratamiento térmico en componentes de Fabricación Aditiva". La suya fue la primera de dos presentaciones consecutivas que a lo largo de la mañana permitieron a los asistentes conocer las claves y las aplicaciones de este tipo de tratamiento.

Tras una introducción a las claves de la Fabricación Aditiva, se abordó la descripción del HIP, un tratamiento térmico que combina alta presión isostática (100-200 MPa) con altas temperaturas (hasta 2.000 °C). El ponente describió algunos de los usos más comunes del HIP, como son principalmente su aplicación a componentes fundidos para eliminar porosidades internas, o en procesos de unión por difusión para unir materiales similares o de diferentes naturalezas. Al final de un proceso de Fabricación Aditiva se buscan piezas que no tengan defectos estructurales y que sí mantengan bajas tensiones residuales, homogeneidad microestructural y

Iñigo Iturriza. Head of the Additive Manufacturing and Laser Group, CEIT-IK4.

Mats Sjöstedt. Area Sales Manager AMD, QUINTUS TECHNOLOGIES.

propiedades mecánicas isotrópicas. La pregunta es si el HIP puede ayudar a obtener este resultado.

Así, se recorrieron diversos casos de estudio, analizando las ventajas y desventajas de la aplicación de HIP en todos ellos, mostrando datos sobre la influencia en microestructuras, los posibles riesgos y el efecto en propiedades mecánicas. También se realizaron consideraciones sobre la estrategia a seguir con el tratamiento HIP en correspondencia con los procesos de Fabricación Aditiva: dado que el HIP es un paso más en la cadena de valor, se trata de definir el mejor proceso combinado para que sea más eficiente.

Como conclusión, y respondiendo a la pregunta de si aplicar HIP o no que lanzó el ponente al inicio de su exposición, la respuesta es sí para la mayoría de los casos, ya que elimina porosidades y roturas internas, reduce tensiones residuales y anisotropía, y en general, mejora las características mecánicas. En todo caso, es necesario más trabajo: cada caso debe ser analizado, los parámetros HIP tienen que ser optimizados y estandarizados, y, aunque el tratamiento HIP puede mejorar los procesos de Fabricación Aditiva, ésta debe ser desarrollada de una forma integral, diseñando cada paso teniendo en cuenta cuál viene después.

La segunda de las ponencias centrada en el tratamiento HIP fue desarrollada por Mats Sjöstedt, Area Sales Manager AMD de la compañía QUINTUS TECHNOLOGIES. En esta ponencia se abordó este tratamiento desde el análisis de "Equipamiento tecnológico avanzado para aplicaciones HIP en tratamiento térmico".

Se introdujo la charla con una explicación técnica complementaria sobre el funcionamiento del HIP, centrada en esta ocasión en una descripción funcional de los equipamientos.

En comparación con un post-proceso de tratamiento térmico tradicional (tiempos de entrega largos, menor control del proceso, no optimizado, alto costo), se volvió a hacer hincapié en cómo el tratamiento HIP presenta una serie de beneficios: 100% de densidad teórica (se cierran todos los poros y grietas), propiedades del material superiores (fatiga y ductilidad), menor dispersión en las propiedades del material (predicción de la vida útil del componente, diseño de bajo peso), disminución en la pérdida de chatarra (no hay defectos en las pruebas NDT, sin defectos visibles dentro de la pieza durante el mecanizado), entre otros.

El ponente abordó a continuación los usos más comunes del HIP en diversos mercados, como el Aeroespacial, Automoción, Energía (Nuclear, Turbinas de gas industriales, Oil & Gas) o Médico. En su exposición recorrió dichas industrias, detallando para cada una de ellas aquellas áreas en las que el HIP se está utilizando, así como las piezas que habitualmente se tratan, explicando los resultados obtenidos. Se pudo comprobar, por tanto, como el HIP ya se está utilizando con éxito en un amplio número de industrias y procesos.

Por último, se resaltaron las tendencias actuales en cuanto a equipamientos HIP, que buscan ser cada vez más compactos y efectivos (mejorando tiempos de ciclo, ratios de enfriamiento y coste operacional por ciclo) y que buscan desde sistemas versátiles de tamaños pequeños (cargas de entre 10 y 600 Kg, rango de temperatura de 2.000 °C), hasta grandes (cargas superiores a 15.000 Kg, rango de temperatura entre 1.000 y 1.400 °C). Se indicó que la tendencia actual es que un equipo

HIP compacto pueda dar servicio a entre 15 y 20 máquinas de Fabricación Aditiva.

El segundo bloque del encuentro técnico se inició con una presentación del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN. Fernando Santos, técnico del área de Ingeniería, I+D y procesos metalúrgicos, compartió una ponencia técnica sobre las "Potenciales aplicaciones en tratamiento térmico de la modelización de la formación y disolución de fases".

En la actualidad existen distintas bases de datos termodinámicas y software de cálculo, tales como Thermo-Calc, FactSage, JMATPRO, PANDAT etc., que permiten predecir la estabilidad de fases en aleaciones comerciales en condiciones de equilibrio. Estos desarrollos software se basan en el método Calphad (CALculation of PHAse Diagrams), un método semi-empirico que modeliza secuencialmente los sistemas binarios o ternarios a sistemas de mayor orden.

El ponente desarrolló las características del método Calphad, indicando inicialmente cómo en los últimos 150 años se han ido acumulando datos experimentales que nos permiten tener una gran cantidad de diagramas binarios y ternarios. Estos datos son útiles para determinar las condiciones de procesado (temperatura, presión y composición química) para conseguir una determinada microestructura.

Fernando Santos. Ingeniería, I+D y procesos metalúrgicos, IK4-AZTERLAN.

La presentación ahondó en el software Thermo-Calc, del que se detallaron las características de sus distintos módulos. En conjunto, esta herramienta permite el cálculo termodinámico y de diagramas de fases en sistemas multicomponentes, la simulación de transformaciones de fase controladas por difusión, y la simulación de la cinética de precipitación 3D de multi-partículas por difusión. Se explicó especialmente en detalle el módulo PRISMA, que desde determinados inputs (datos termodinámicos y cinéticos, composición de la aleación, …), permite obtener datos como la distribución del tamaño de partículas, densidad numérica, radio medio de partícula, fracción de volumen, composición de la matriz y partícula, tasa de nucleación, TTT o CCT.

Finalmente, se mostraron numerosos ejemplos prácticos, como la disolución de carburos para AISI 304H con adiciones de Nb, superaleación 718, tratamiento no isotérmico en aleación RENE 77 u homogenización en Nimonic 105, en los que se puso de manifiesto el alcance de estas herramientas termodinámicas.

La siguiente ponencia del Fórum de Tratamiento Térmico fue realizada por André Mulot, Formador en A3TS (Association de traitement thermique et de traitement de surface), quien compartió con los asistentes las "Causas y soluciones en deformaciones producidas por el tratamiento térmico en piezas cementadas", a modo de síntesis de los conocimientos actuales en el campo del temple de piezas de cajas de cambios cementadas y templadas.

André Mulot. Trainer, A3TS.

Endurecer una pieza mediante el temple ocasiona deformaciones, que en la mayoría de los casos pueden ser minimizadas y controladas. No todas las deformaciones observadas después del temple provienen forzosamente del tratamiento térmico. El ponente detalló cómo las operaciones anteriores al tratamiento térmico influyen en la generación de deformaciones y cómo resulta difícil predecir su origen.

Dependiente de las características de la pieza (forma, peso) se necesita un buen acero caracterizado con su templabilidad que pueda ser representada con el diagrama TRC. La velocidad de temple no es la misma entre la parte delgada, la parte gruesa, la superficie y el corazón de la pieza, así como entre la pieza en el corazón de la carga y las situadas en los extremos de esta.

Se revisó la diferencia sobre ciertas deformaciones en árboles cementados y templados con aceite, en comparación con gas a alta presión.

A modo de conclusión, se remarcó que cuando se necesitan templar piezas después de la cementación, nos enfrentamos a las deformaciones. Para reducir las deformaciones que tienen como origen el temple, podemos elegir unos parámetros: por un lado, el mejor acero que permite conseguir las características mecánicas adecuadas con el diagrama TRC adaptado, dependiente de la pieza (forma, peso, ...) y el medio de temple correspondiente; Por otra parte, templar con gas a alta presión, porque tenemos parámetros para optimizar la velocidad del enfriamiento (el tipo de gas, la presión, la velocidad del gas, la dirección del gas, los soportes, el temple interrumpido, sin olvidar la temperatura del gas).

Se recuerda finalmente que templar con gas es muy caro, pero con el objetivo de eliminar la rectificación, el balance económico podría ser positivo.

El programa técnico de la mañana se cerró con una ponencia de Juan Carlos Cengotitabengoa, Sales Manager de la compañía OERLIKON BALZERS SPAIN, que compartió con la audiencia una presentación sobre "Soluciones de superficie avanzadas para utillajes y componentes en la industria de Automoción".

En su introducción a la presentación, el ponente abordó los requerimientos que en el contexto actual se están produciendo en el sector de Automoción, como la seguridad en las carrocerías, la reducción de emisiones de CO2 y la reducción de consumo. En el incremento de la seguridad juega un papel importante la utilización de distintos materiales en la carrocería, como aceros de alta resistencia, aluminio, fibras de carbono. La utilización de estos nuevos materiales conlleva también una reducción de peso que afecta positivamente a la reducción de consumo de combustible. Por otro lado, el incremento de la eficiencia energética del sistema de potencia redunda en reducción de consumo.

El ponente realizó un recorrido técnico por distintos desarrollos de nuevos tratamientos y recubrimientos de superficie que permiten, por un lado, incrementar la eficiencia energética de los sistemas de potencia mediante la reducción de pérdidas por rozamiento y, por otro, la optimización de los útiles de conformado para la fabricación de carrocerías más ligeras y seguras.

En cuanto a la aplicación en componentes, y de cara a conseguir los retos anteriormente señalados, se indicaron algunas soluciones, como la nitruración por plasma, los recubrimientos finos y la proyección térmica. El ponente fue desglosando las claves técnicas de distintas soluciones para componentes de precisión y elementos de diseño, como inyectores diesel, sistemas common rail, tren de válvulas o componentes recubiertos del motor, entre otros. También se abordaron aplicaciones en útiles de conformado, realizando primero una introducción a las carrocerías multimaterial-multiproceso, y detallando después las claves de distintas soluciones para conformado de acero de alta resistencia, recortado de chapa de aluminio o en piezas de la carrocería del vehículo.

La tercera sesión de trabajo de este Fórum Técnico se inició con una nueva ponencia en la que se pudieron compartir "Herramientas para la correcta definición de atmósferas en hornos de tratamiento térmico", presentación realizada por Garikoitz Artola, técnico del área de Ingeniería, I+D y procesos metalúrgicos del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN.

En su presentación, el ponente profundizó en los diagramas de Ellingham, herramienta de análisis que

Juan Carlos Cengotitabengoa. Sales Manager, OERLIKON BALZERS SPAIN.

Garikoitz Artola. Área de Ingeniería, I+D y procesos metalúrgicos, IK4-AZTERLAN.

muestra la dependencia de la estabilidad de los compuestos con la temperatura y la atmósfera de los hornos. Se utiliza generalmente para representar las energías de formación de los óxidos, carburos, nitruros y sulfuros en función de la temperatura. Como se señaló, el uso de estos diagramas data de 1944, aunque sigue siendo una herramienta poco conocida y utilizada.

Se detalló cómo el diagrama se utiliza en metalurgia para representar la afinidad existente entre los distintos metales y el oxígeno, permitiendo saber en qué rango de temperatura es estable un óxido metálico. A cada temperatura, el compuesto más estable es el que se encuentra en la posición más baja del diagrama. Se explicó la aplicación directa a la desoxidación (Ca - Al -Si), la identificación de metales reducibles a 1 atm con CO y H2, y los puntos de riesgo de deterioro de elementos refractarios. También se compartieron las aplicaciones de este tipo de análisis.

A continuación, se introdujo la modificación de Richardson, con la incorporación del nomograma para estudiar condensar presiones parciales en el diagrama de Ellingham, y que permite visualizar el efecto de procesos como aplicar vacío o realizar diluciones de la atmósfera. También se ahondó en la definición de atmósferas reductoras con un ejemplo de tratamiento de recocido para cobre y otro de cementación.

A modo de conclusión, los diagramas de Ellingham suponen una herramienta sencilla que ayuda a interpretar la interacción atmósfera-metal durante el tratamiento térmico. Son de gran utilidad en la definición de atmósferas reductoras, ya que permiten identificar reacciones energéticamente imposibles, facilitan la elección de las temperaturas de proceso, presiones parciales de las especies oxidantes, como son el oxígeno, el dióxido de carbono y el vapor de agua y predicen comportamientos que pueden ser alterados por la cinética del tratamiento térmico.

La segunda ponencia de la tarde fue desarrollada por la compañía GHI Hornos Industriales, a través de su Director Técnico, Ricardo Herrán. Esta presentación, centrada en la perspectiva de innovaciones en equipamientos, abordó nuevos "Avances tecnológicos en hornos de tratamiento térmico".

La ponencia se inició con una explicación de las claves técnicas de los procesos de tratamiento térmico que se producen en este tipo de instalaciones, prestando especial atención al tratamiento de recocido de austenización incompleta. Además de recomendaciones para este tipo de tratamientos, se explicaron aspectos como la decarburación superficial o las atmósferas protectoras. Seguidamente, se abordaron conceptos de eficiencia energética, uniformidad de calentamiento, enfriamiento progresivo y controlado, estanqueidad y mínimo consumo de atmósfera, uniformidad de resultados (dureza y estructura) o captación de datos.

Ricardo Herrán. Director Técnico, GHI Hornos Industriales.

La ponencia se centró a continuación en abordar los nuevos desarrollos en herramientas 4.0 en el ámbito de los hornos industriales, detallando las características del denominado Smart Furnace 4.0. El ponente detalló inicialmente la necesaria infraestructura de captación y monitorización, base sobre la que se soporta la filosofía de trabajo de estos nuevos equipamientos avanzados. Partiendo de un horno sensorizado y utilizando equipos de captura locales y servidores centrales para el almacenamiento de datos, este Smart Furnace es capaz de ofrecer una visualización en tiempo real de su funcionamiento, así como una serie de servicios añadidos al funcionamiento tradicional.

Las ventajas de este nuevo tipo de hornos son múltiples, siendo las siguientes algunas de las más destacadas: permiten a técnicos con experiencia consultar múltiples instalaciones, ofrece soporte para la adecuada gestión de alarmas e informes, los usuarios pueden desarrollar un interesante análisis histórico de fallos, dota al sistema de las necesarias herramientas para una adecuada escalabilidad. Finalmente, el ponente indicó que algunos de los servicios añadidos son: informes de estado de máquina (KPIs, OEE, consumos…), análisis de anomalías (origen, consecuencias, correcciones…) o asistencia técnica (propuestas de mejora de uso, de mejora de proceso, de revisiones preventivas…).

El programa técnico de la jornada continuó con una

presentación centrada en la "Eficiencia en un proceso industrial intensivo en consumo energético como la forja (eficiencia en el calentamiento anterior a la estampación y en el tratamiento posterior a la misma)". Esta presentación fue realizada por Eugenio Pardo, Responsable del Dpto. de Calentamiento por Inducción y Forja de la compañía INDUCTOTHERM GROUP IBERIA ONDARLAN.

Eugenio Pardo Olea. Responsable del Dpto. de Calentamiento por Inducción y Forja, INDUCTOTHERM GROUP IBERIA ONDARLAN.

El ponente comenzó contextualizando un mercado cada vez más competitivo, con reducción de costes, que requiere de un sistema energético cada vez más eficiente, con nuevas directivas que marcan unos horizontes de reducción de consumo del 12% y de energías fósiles del 22% para el año 2023. En este entorno, señaló cómo el coste de la energía en los procesos de forja es cercano al 11% del coste de producción (a modo de ejemplos, se indicó que el consumo en un horno de gas es de 1.800KWh/T, el consumo medio en un horno de inducción es de 400 KWh/T y el consumo en un Tratamiento Térmico puede ser del orden de 500-700 KWh/T).

Al hacer una segmentación del gasto energético, se mostró cómo el calor residual de los hornos representa la mayor cantidad de energía perdida en la planta, pero también cómo existe un potencial de mejora del orden del 10% al 15%.

En la búsqueda de esta mejora, surgen las siguientes acciones posibles: aprovechar el calor residual a través del circuito de agua de refrigeración o actuar sobre los hornos existentes. Para detallar correctamente la primera, se explicaron las claves técnicas generales del funcionamiento de un horno de inducción.

En cuanto a las acciones posibles sobre los hornos, el ponente detalló el uso de posibles herramientas de análisis de eficiencia, así como la utilización de hornos modulares, tanto realizando adaptaciones a diferentes productividades manteniendo eficiencia (analizando control de proceso, distorsión de armónicos, arranque…, pudiendo conseguir un 25% de mejora), como utilizando software de "Espera" y "Arranque en Frío" (se analizó tanto la espera estática como dinámica).

La última ponencia del día la realizó la compañía TORRAVAL COOLING, S.L., que a través de José María Fernández Cubero, Export Sales Manager, abordó los "Factores de impacto de la refrigeración por agua en los tratamientos térmicos".

La introducción a esta presentación abordó los distintos métodos de refrigeración de un fluido, caracterizando su fiabilidad y rendimiento. Este ámbito técnico proporciona soluciones personalizadas a la industria y está en continuo estudio y diseño de modelos y soluciones tecnológicamente innovadoras, basadas en el ahorro energético y en el respeto por el medio ambiente. Dentro de los posibles sistemas existentes, el ponente abordó la combinación entre sistemas abiertos/cerrados, e instalaciones evaporativas/no evaporativas.

Las torres de circuito abierto son equipos de refrigeración en los que existe un contacto directo entre el agua a refrigerar y el aire que circula en contracorriente a través de la torre en el relleno. El agua transfiere energía calorífica al aire mediante evaporación hasta llegar a saturarlo. EL ponente detalló las claves técnicas de las torres de tiro natural, forzado e inducido.

En las torres de circuito cerrado, el fluido que necesitamos refrigerar (generalmente agua o agua con glicol) debe mantener sus propiedades químicas y físicas constantes a lo largo del tiempo y sin ser contaminado por elementos externos. Se detalló el funcionamiento de los

José María Fernández Cubero. Export Sales Manager, TORRAVAL COOLING, S.L.

equipamientos de este tipo, así como las variantes no evaporativas como aero-refrigeradores, aero-condensadores o adiabáticas.

Finalmente, el ponente realizó una comparativa entre los distintos sistemas, valorando para todos ellos conceptos como inversión, gasto en electricidad, agua/tratamiento, mantenimiento, ruido, implantación, posibilidad de aguas sucias o tratamiento contra la legionella. A través de dicha comparativa, se pudo visualizar el mejor equipamiento para cada necesidad.

A modo de conclusión, esta nueva edición del Fórum Técnico de Tratamiento Térmico ha permitido a las empresas asistentes actualizar su conocimiento de las distintas innovaciones que desde los diversos ámbitos de esta industria se plantean actualmente para hacerla más competitiva.

La alta asistencia de empresas a esta tercera edición, superando las ediciones anteriores, consolida el encuentro como un espacio referente de conocimiento dentro de esta industria.

El conocimiento técnico compartido a través de todas las presentaciones y el intercambio de experiencias planteado por los distintos ponentes, junto con la destacada participación de las empresas, han sido algunas de las claves del éxito de esta jornada. Un punto de encuentro y de trabajo que esperamos siga manteniendo este interés en futuras ediciones.

El equipo de ponentes, moderadores, colaboradores y media partners de este Fórum Técnico.

Desde la organización del acto, agradecer el esfuerzo y la colaboración de los técnicos de las distintas empresas, grupos y centros que han hecho posible la coordinación y materialización de este interesante espacio técnico de trabajo.

Agradecer, asimismo, el trabajo de la revista TRATER Press como Media Partner de este encuentro de la industria de tratamiento térmico.

Organizadores y entidades/compañías colaboradoras:

Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre la microestructura de un bronce al níquel y aluminio (Nickel Aluminium Bronze, NAB)

Por M. V. Biezma[1], L. Sánchez[1], I. Cobo[2]

RESUMEN

Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre la microestructura de un bronce al níquel y aluminio (Nickel Aluminium Bronze, NAB)

Los bronces de aluminio y níquel (Nickel Aluminium Bronze, NAB) son una familia de aleaciones de moldeo base cobre en donde predomina la presencia de Ni, Al y Fe. Estos materiales poseen una elevada complejidad microestructural, consecuencia directa de los posibles tratamientos térmicos que puedan experimentar, tanto en el enfriamiento inherente al propio proceso de solidificación durante la colada, como en aquellos otros que pudieran darse en etapas de manufactura o en servicio, por ejemplo, el asociado a una soldadura. Se ha llevado a cabo la caracterización microestructural de una aleación CuAl10Ni5Fe5 con distintos tratamientos térmicos, temple y bonificado, así como la estructura de colada, estado en el que se recibió el material. Para ello, se han utilizado dos reactivos químicos diferentes que han revelado información sobre las seis fases diferentes presentes identificadas: α, β y cuatro fases κ ricas en Fe y Ni principalmente. Queda demostrada la extraordinaria sensibilidad de cada fase para nuclear y propagarse en diferentes puntos de la microestructura, íntimamente ligado a los tratamientos térmicos fuera de las condiciones de equilibrio.

[1] Escuela Técnica Superior de Náutica, Universidad de Cantabria.

[2] Fundación Leading Innova.

1. INTRODUCCIÓN

Los bronces de aluminio y níquel, NAB, acrónimo de Nickel Aluminium Bronze, son aleaciones extensamente empleadas, en particular en ámbitos marinos, de acuerdo a Birm y Skalski (2004), a Macken y Smith (1933) y a Shussler y Exner (1993), debido a su excelente tenacidad y resistencia a la corrosión. Son una familia de aleaciones que se caracterizan por tener en su composición química presencia relevante de elementos de aleación tales como Ni, Al y Fe, que otorgan, junto al Cu, base de la aleación, una elevada resistencia frente a la corrosión en numerosos ambientes, en particular el marino, y al desgaste superficial, lo que hace que sean aleaciones altamente versátiles, cuyos campos de aplicación fundamentales están vinculados a la manufactura de válvulas, turbinas y hélices marinas.

Ahora bien, estas aleaciones pueden experimentar, en algunos casos, ataque por corrosión altamente localizada, en particular por picadura y, en ocasiones, por corrosión bajo tensión, lo que obliga a disminuir notablemente los tiempos de inspección. También puede presentar problemas cuando coexisten los procesos de corrosión-erosión, corrosión-cavitación o corrosión en electrolitos no marinos, en aquellos componentes utilizados en centrales hidroeléctricas que emplean tanto agua de mar como agua de río, tanto limpia como estancada. Este hecho está muy poco estudiado, pero la realidad es que tanto el agua de mar, como el agua no marina, frecuentemente está contaminada, fundamentalmente por la descomposición de materia orgánica y origina un descenso impor-

tante en la resistencia a la corrosión de los bronces NAB, provocando rápidos procesos de corrosión por picadura u otro tipo de corrosión localizada, debido a la acción de bacterias sulfato-reductoras y de oxidantes de manganeso (Linhardt, 2012 y 2015 y Sánchez, 1989).

Las composiciones químicas de las aleaciones NAB se mantienen en la industria dentro de márgenes composicionales muy estrechos, en particular en las hélices marinas, por lo que es complejo conocer con detalle estudios previos del efecto de elementos químicos particulares sobre la microestructura y, por lo tanto, en sus propiedades posteriores en servicio. Estas aleaciones tienen una elevada complejidad microestructural, tal y cómo se puede apreciar en una porción del Diagrama de Equilibrio para el sistema CuAl10Ni5Fe5-C, Figura 1, siendo ésta la aleación más empleada (Hasan, 1982). La microestructura cambia notablemente con los posibles tratamientos térmicos que puedan experimentar, tanto en el enfriamiento inherente al propio proceso de solidificación durante la colada, como el derivado de someter a la aleación NAB al ciclo térmico de una soldadura.

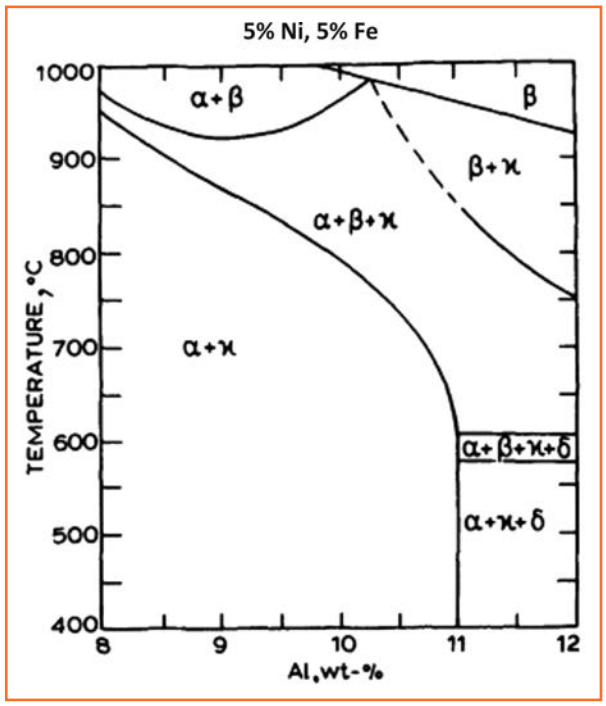


Figura 1. Diagrama de equilibrio parcial del bronce al Al con Ni y Fe (Cenoz-Echevarría 2007 y Hasan 1982).

Cuando se introducen nuevos elementos químicos, como son Ni y Fe a la aleación base Cu-Al, se favorece la formación de nuevas fases intermetálicas complejas denominadas kappa (κ). Si se observa el diagrama de equilibrio de estos bronces (Figura 1), para porcentajes de aluminio en torno al 10% y elevadas temperaturas, se aprecia que a temperaturas próximas a 1.000 °C, destaca la presencia de fase β y, se empiezan a formar granos de fase α en su interior cuando la temperatura decae. A temperaturas inferiores a 930 °C, se forman nuevas fases intermetálicas κ que inicialmente precipitan en los límites de grano de la fase β, y cuando baja de 850 °C, lo hacen también en la fase α. Al enfriar por debajo de los 800 °C, la fase β retenida (β′) se descompone en un eutectoide, dando lugar a las fases α y κ.

Estas temperaturas de los diferentes equilibrios invariantes, que llevan asociada la aparición de las distintas fases mencionadas, no se dan en las piezas moldeadas, debido a las diferentes velocidades de enfriamiento que, depende a su vez, del tipo de horno, molde, práctica, geometría de la pieza, etc. Así, la velocidad de enfriamiento es muy importante para entender las fases que pueden aparecer en este tipo de aleaciones. Cabe resaltar que, para velocidades de enfriamiento muy elevadas, como cuando ocurre en el proceso de temple, la fase β queda retenida con una estructura martensítica.

En la Figura 2 se presenta la evolución microestructural desde elevadas temperaturas para las aleaciones de uso comercial, con campo monofásico β, rico en Al, hasta temperatura ambiente, formado por cuatro fases, en enfriamiento lento. Dicha evolución microestructural puede cambiar radicalmente cuando se aplican tratamientos térmicos a la aleación, y es altamente sensible a la composición química de la misma (Hobbs, 1967).

La microestructura de los bronces NAB fundidos consiste en zonas claras de la fase α, que es una solución solida rica en cobre fcc y regiones martensíticas (fase β o β´ retenida a alta temperatura) rodeada de fases eutectoides laminares y una serie de fases intermetálicas κ. La fase α contiene, además del cobre, aproximadamente un 8% de Al con cantidades pequeñas de Ni, Fe y Mn disueltas. Las fases κ pueden existir en un amplio intervalo de composiciones (Culpan, 1979 y Weiley-Couly, 1973) y son distinguibles por su morfología, localización y distribución en la microestructura. La fase κ_I tiene forma globular o de roseta, adquiriendo diferentes tamaños y está identificada en la bibliografía como una fase rica en hierro (basada en Fe_3Al). La fase κ_{II} adquiere forma de rosetas dendríticas de tamaño inferior a las rosetas de κ_I distribuidas heterogéneamente en la interfase α/β. La fase κ_{III} puede aparecer bien en forma laminar, o a veces como forma coagulada o globular,

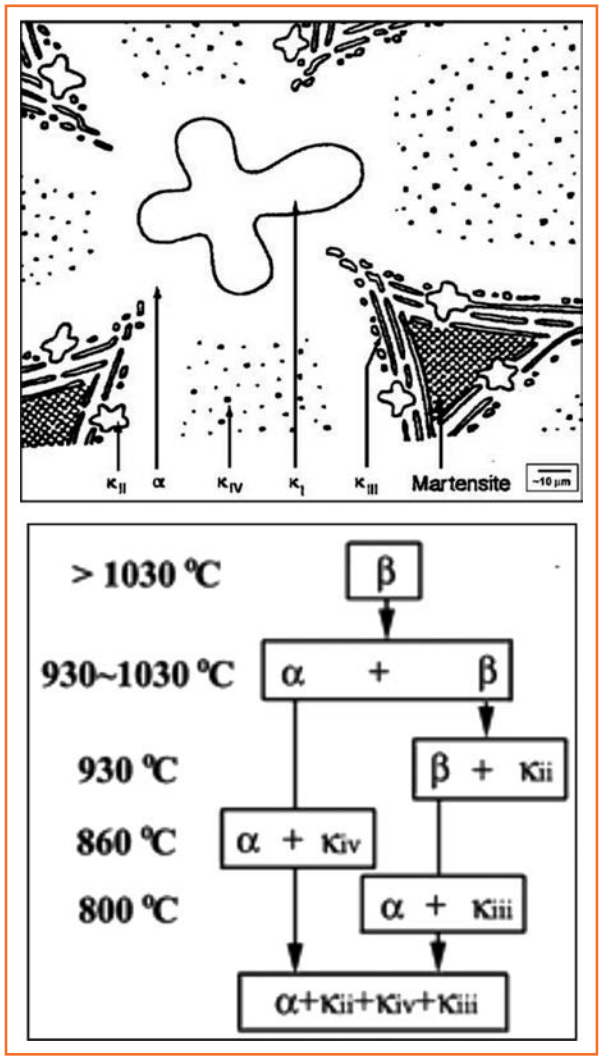


Figura 2. (a) Microestructura de moldeo de equilibrio de la aleación NAB (b) secuencia de transformaciones durante el enfriamiento. Evolución microestructural de las aleaciones NAB (Hobbs, 1967 y Hasan, 1982).

precipitando homogéneamente perpendicular a la interfase α/β, no obstante, también puede nuclear en el límite de la fase κ_I, y está descrita como una fase rica en níquel (NiAl). La fase κ_{IV} es una fase muy fina precipitada dentro de la fase α y está considerada como una fase también rica en hierro.

Las aleaciones más empleadas hasta la fecha son las que tienen idénticos porcentajes de Fe y Ni, aproximadamente 5% en peso, proporción de Ni/Fe 1/1, pero existen estudios experimentales que han demostrado la posible viabilidad industrial de otras aleaciones y/o tratamientos para mejorar aún más la respuesta en servicio de las aleaciones NAB. Una de estas aleaciones es la CuAl10Ni8Fe4, que duplica la relación Ni/Fe. Este hecho actúa, en primer lugar, en la microestructura del material, que potencia algunos de los fenómenos observados en la aleación clásicamente empleada y podría ofrecer un mejor comportamiento cuando se producen los fenómenos de erosión, cavitación, corrosión, así como la acción conjunta de ellos, pues el níquel aumenta la resistencia a la corrosión (Park, 2012 y Pérez 2011). Un inconveniente principal es el aumento del coste de la aleación.

Se ha desarrollado otro bronce de Al sin Ni, con nomenclatura CuAl8Fe4Si, cuya principal ventaja observada es la ausencia de problemas de desaluminización, pérdida selectiva de aluminio en distintas fases de la aleación, que experimentan los bronces NAB comerciales en distintos medios, tanto agua de mar, como medios ricos en H_2SO_4, y microestructuras obtenidas en tratamientos térmicos y/o colada (Grzegorzewicz, 2005).

Atendiendo a los tratamientos térmicos, cabe destacar el efecto beneficioso del tratamiento de temple más revenido, en distintas condiciones, de acuerdo a Chervyakov & Colls (1992), puesto que cuando las aleaciones comerciales son sometidas a procesos de corrosión, se promueven la disolución selectiva de las fases ricas en Fe presente en la estructura bruto de colada, así como los fenómenos de desaluminización.

Al mismo tiempo, se ha comprobado una influencia, en el comportamiento de la aleación NAB, de la temperatura y del tiempo de contacto con el fluido en el que está inmerso (Brady & Colls, 2002). Existe gran discrepancia entre cómo se comportan los bronces NAB en fenómenos de corrosión-erosión, de acuerdo a Strang (2011), describiéndose flujos de velocidades máximas intermitentes entre 10m/s y 23m/s en una guía de velocidades periféricas de bombas y propulsores. Cabe destacar también el fuerte efecto que pueden tener los tratamientos térmicos, extensibles para interpretar lo que puede ocurrir en la unión soldada. A modo de ejemplo, la resistencia mecánica en bruto de colada del bronce comercial es aproximadamente de 600 MPa y se puede duplicar aplicando tratamientos térmicos de temple y revenido.

Ante el interés industrial de disponer de bronces de aluminio y níquel con mejores propiedades en servicio e identificar posibles problemas de corrosión y/o erosión asociados directamente a la microestructura presente en la aleación, el objetivo de este trabajo ha sido la caracterización microestructural de una aleación NAB con distintos tratamientos térmicos: temple y bonificado, así como la estructura de colada, estado en el que se recibió el material.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material ensayado

Para el presente estudio, se ha seleccionado una aleación NAB moldeada en arena proporcionada por la empresa Wärtsilä Ibérica, S.A. (Maliaño) Cantabria. La Tabla 1 recoge la composición química de la aleación objeto de estudio. Se aprecia una relación Fe/Ni próxima a la unidad. La Tabla 2 presenta las propiedades mecánicas más relevantes de dicha aleación.

Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Ni	Sn	Pb	Si
79.80	0.0492	1.23	4.92	9.31	4.57	0.0058	0.0056	0.0393

Tabla 1. Composición química aleación NAB (%wt).

Resistencia mecánica σ_R (MPa)	650 MPa
Límite elástico (MPa)	250 MPa
Elongación longitudinal (%)	>19%
Resistencia al impacto Charpy (L)	>21
Dureza Brinnel	130-170

Tabla 2. Propiedades mecánicas de la aleación NAB.

El material se recibió en bruto de colada y en lingotes. Se cortaron probetas de dimensiones 20 mm x 10 mm x 3 mm para realizar los ensayos metalográficos.

Dada la axialidad de los lingotes, se seleccionaron porciones centrales de los mismos en donde sólo había estructura dendrítica. Se tuvieron que clasificar, a su vez, minuciosamente los lingotes válidos para el estudio, bien por la diferencia de sección, espesor o por la porosidad superficial, contracciones de solidificación, etc.

2.2 Tratamientos térmicos

Se diseñaron dos tipos de tratamientos térmicos a aplicar en las probetas, considerando también como tal, el suministrado en bruto de colada, con el objetivo de conocer su relación con la microestructura del material.

Las cinéticas de enfriamiento son muy diferentes según sea el tonelaje de la colada, tipo de molde empleado, dimensiones, geometría, etc., y además pueden estar influenciados por ciclos térmicos de soldadura, en el caso de experimentar algún componente este método de unión, bien en servicio o durante la manufactura, tras inspección mediante ensayos no destructivos, al tener que cortar parte de las piezas y soldar con el mismo material (Sabbaghzadeh, 2014).

Por todo ello, se han realizado los tratamientos que se identifican en la Tabla 3 empleando un horno Carbolite Furnaces CSF 1200. Los tiempos de los ciclos térmicos se seleccionaron teniendo en cuenta el tamaño y geometría de las probetas.

Denominación	Tratamiento	Descripción
AR	Bruto de colada	Estado de recepción
T1	Temple	850ºC 1 hora + enfriamiento en agua sin agitación
T2	Bonificado (Temple y Revenido)	850ºC 1 hora + enfriamiento en agua sin agitación y revenido a 600ºC 2 horas + enfriamiento en horno durante 6 horas

Tabla 3. Tratamientos térmicos.

El proceso de temple simula el enfriamiento brusco de la región externa de la aleación, que se encuentra en contacto con las paredes del molde, mientras que la etapa de revenido reproduce los efectos que se dan en las diversas zonas más internas de la pieza, relacionados con los procesos de soldadura posteriores al conformado de la aleación.

2.3 Análisis microestructural

Se prepararon probetas para su caracterización metalográfica mediante encapsulado con resina fenólica, desbaste con lijas de 320, 600 y 1.200, y pulido final con suspensiones de polvo de diamante de 9 µm y 3 µm, y polvo de alúmina de 0.05 µm. A continuación, se llevó a cabo el ataque químico.

Puesto que existe propuestas diversas de reactivos químicos en la literatura, se emplearon dos reactivos químicos de forma independiente, con el fin de observar la capacidad de resolución de fases y contraste de los detalles microestructurales. Los reactivos utilizados han sido dos soluciones acuosas detalladas como reactivo 1 base 5% $FeCl_3$ y 10-15% HCl aplicado durante un tiempo de 10 segundos y, reactivo 2, 25 ml de NH_4Cl, 25 ml de H_2O_2 y 25 ml agua destilada aplicado durante 13 segundos.

El análisis microestructural se llevó a cabo tanto por Microscopía Óptica (MO), Microscopio Leyca 100, utilizando campo claro como técnica de iluminación, así como Microscopía Electrónica de Barrido (SEM, Scanning E-

lectron Microscopy), utilizando la técnica de adquisición de imágenes mediante electrones retrodispersados (BEI, Back-scattered Electron Imaging), utilizando un equipo JEOL 2000. Para completar el estudio y permitir la identificación de la composición química de las fases presentes en la microestructura, se empleó la técnica de Microanálisis de Rayos-X por Energía Dispersiva (EDX, Energy Dispersive X-Ray).

3. RESULTADOS

Se han podido apreciar cambios microestructurales notables en el bronce NAB como consecuencia directa de los ciclos térmicos aplicados sobre el material, tanto en el número de fases presentes, así como en su morfología y lugares de precipitación y tamaño.

En la Figura 3 se presentan las microestructuras de los tratamientos térmicos AR, T1 y T2, observadas mediante microscopía óptica (a) y electrónica de barrido (b) tras el ataque con el reactivo 1. Asimismo, en la Figura 4 se presenta la misma secuencia comparativa obtenida mediante microscopía óptica tras el ataque químico con ambos reactivos, reactivo 1 (a) y reactivo 2 (b). Ambos reactivos colorean de color claro la fase mayoritaria α, rica en Cu, que constituye la mayoría de la probeta, dejando el resto de la superficie de color negro o naranja oscuro, que corresponde a la fase β.

La Figura 4 muestra que el reactivo 1 revela con mayor claridad la microestructura del material, no obstante, el reactivo 2 proporciona información adicional ya que algunas fases se manifiestan con otra coloración. Tanto en la matriz, fase α, como en la fase β, así como en las juntas interdendríticas, aparecen pequeños precipitados, fases κ, que se resuelven con gran nitidez a mayores aumentos.

La estructura del material en el estado AR muestra una microestructura muy compleja, con un elevado porcentaje de dendritas, en la que predomina la zona clara, fase α, y una zona oscura no muy bien definida que corresponde a la fase β retenida, que corrobora resultados previos (Wharton, 2008). Por otro lado, la estructura del material en los estados T1 y T2 muestra también la fase α en color claro, y una fase β mejor definida y más uniforme.

A consecuencia del proceso de temple, T1, se produce crecimiento de la zona oscura fase β, y un engrosamiento de las dendritas de la fase α con una longitud promedio 100 μm y una anchura 25 μm.

Tras el proceso de revenido, T2, las dendritas de la fase α son de menor tamaño, con una longitud promedio de 30 μm y anchura de 15 μm, mientras que la fase β no sufre una modificación notable con respecto a la obtenida tras el temple, T1.

Por otra parte, las fases κ se revelan con mayor claridad en la microestructura AR y T2 con el reactivo 1, mientras que con el reactivo 2 se revelan en las microestructuras de los tres tratamientos, apareciendo con una coloración azulada.

4. DISCUSIÓN

El análisis pormenorizado del estudio realizado mediante SEM, permite obtener los siguientes resultados que se agrupan para su análisis en los diferentes tratamientos térmicos aplicados.

Microestructura AR

Se observa una estructura columnar dendrítica con la aparición de fases de forma de roseta. A grandes aumentos, permite identificar una gran complejidad microestructural, con aparición de microprecipitados globulares, rosetas, lajas, dendritas y fases con extremos aserrados. En la Figura 5, se presentan identificados los detalles microestructurales para el material estudiado. El microanálisis EDX ha permitido identificar las seis fases presentes, incluidas en la Tabla 4.

En el caso de las fases κ_I y κ_{II}, enriquecidas en Fe, en alguna ocasión se pueden llegar a confundir debido a la similitud composicional. Lo más destacable es su tamaño y lugar de precipitación. Dentro de la fase β, se forman unos precipitados de NiAl que configuran la fase κ_{III}. Los precipitados de fase κ_{IV}, que se encuentran en el interior de la fase α, lo que concuerda con estudios previos, de acuerdo a Culpan (1979), no se han podido analizar con EDX debido a su tamaño casi nanométrico en esta microestructura.

Microestructura T1

La microestructura cambia notablemente, pasando de columnar a globular, aumentando el tamaño de las rosetas. El microanálisis EDX ha permitido identificar algunas de las fases presentes, incluidas en la Tabla 5. En la Figura 6 se presentan identificados los detalles microestructurales para el material estudiado.

Al igual que en la microestructura AR, se identifican claramente hasta seis fases. En el caso de las fases κ_I y κ_{II},

SU MEJOR COMUNICACIÓN

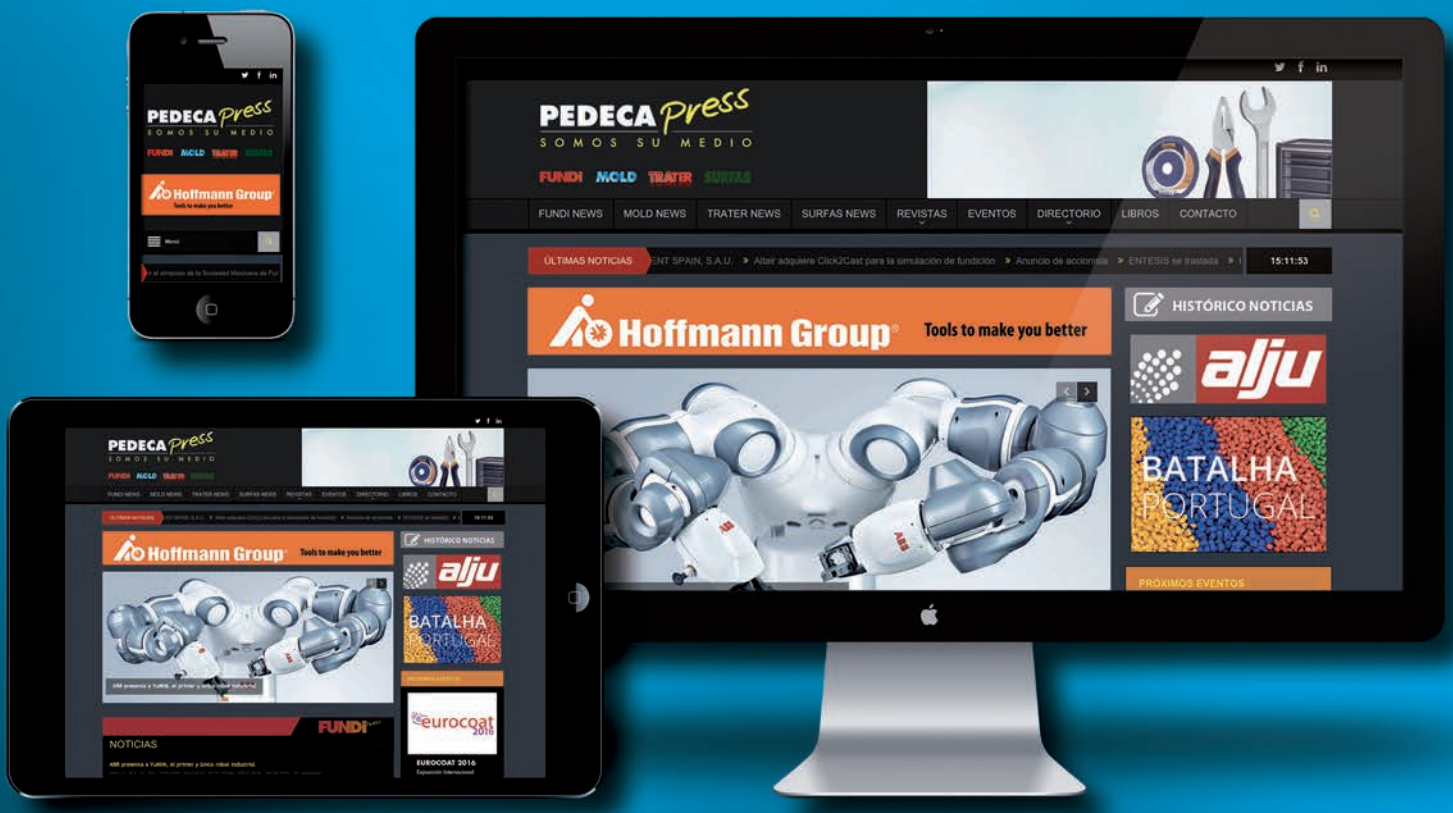
REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

Estrenamos Nueva Web

www.pedeca.es

PREGUNTE POR NUESTROS PACKS DE PUBLICIDAD IMPRESIÓN + DIGITAL

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



PEDECA Press Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

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

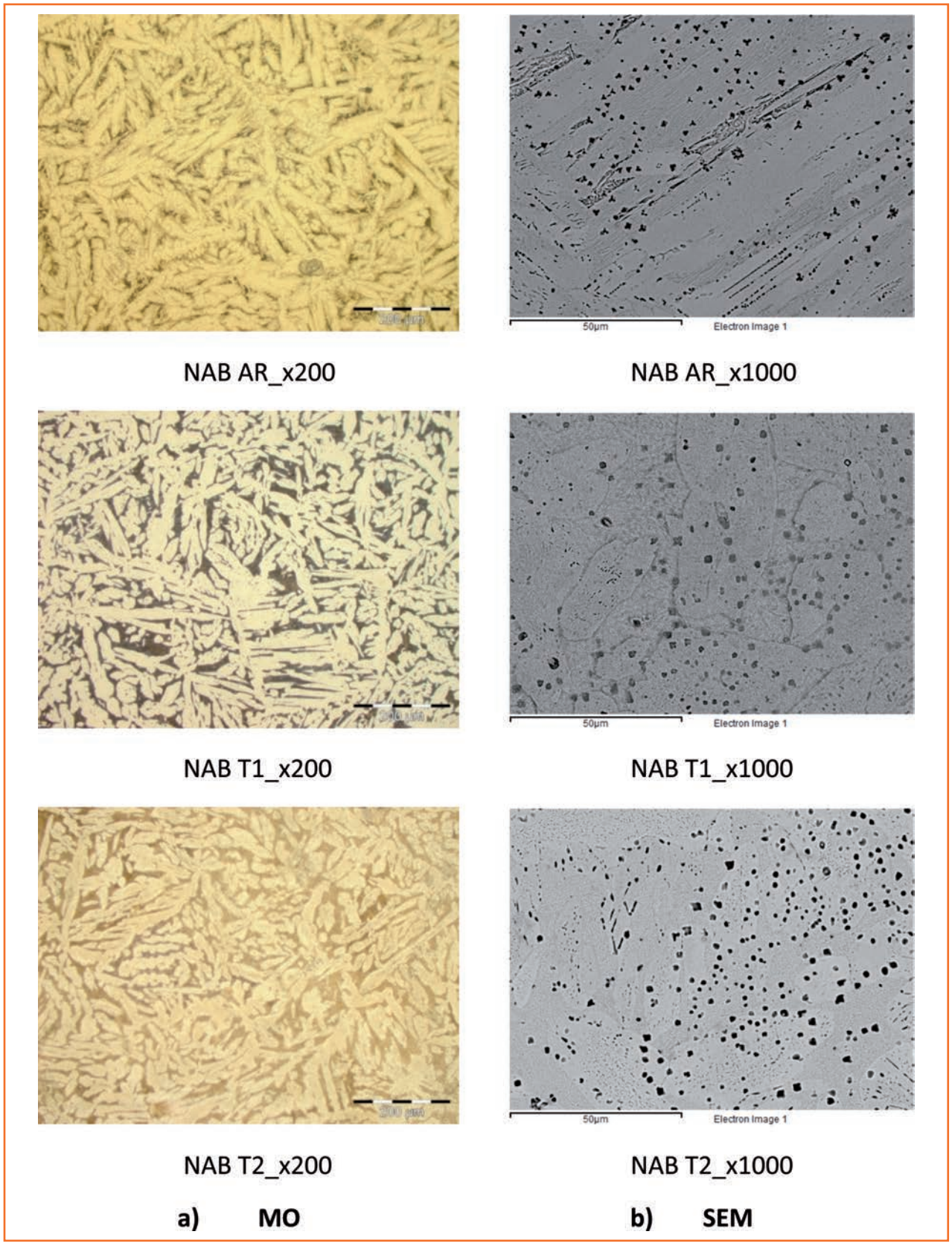


Figura 3. Efecto de tratamientos térmicos, AR, T1 y T2, en la microestructura del material estudiado. Observación mediante MO (x200) (a) y SEM (x1.000) (b).

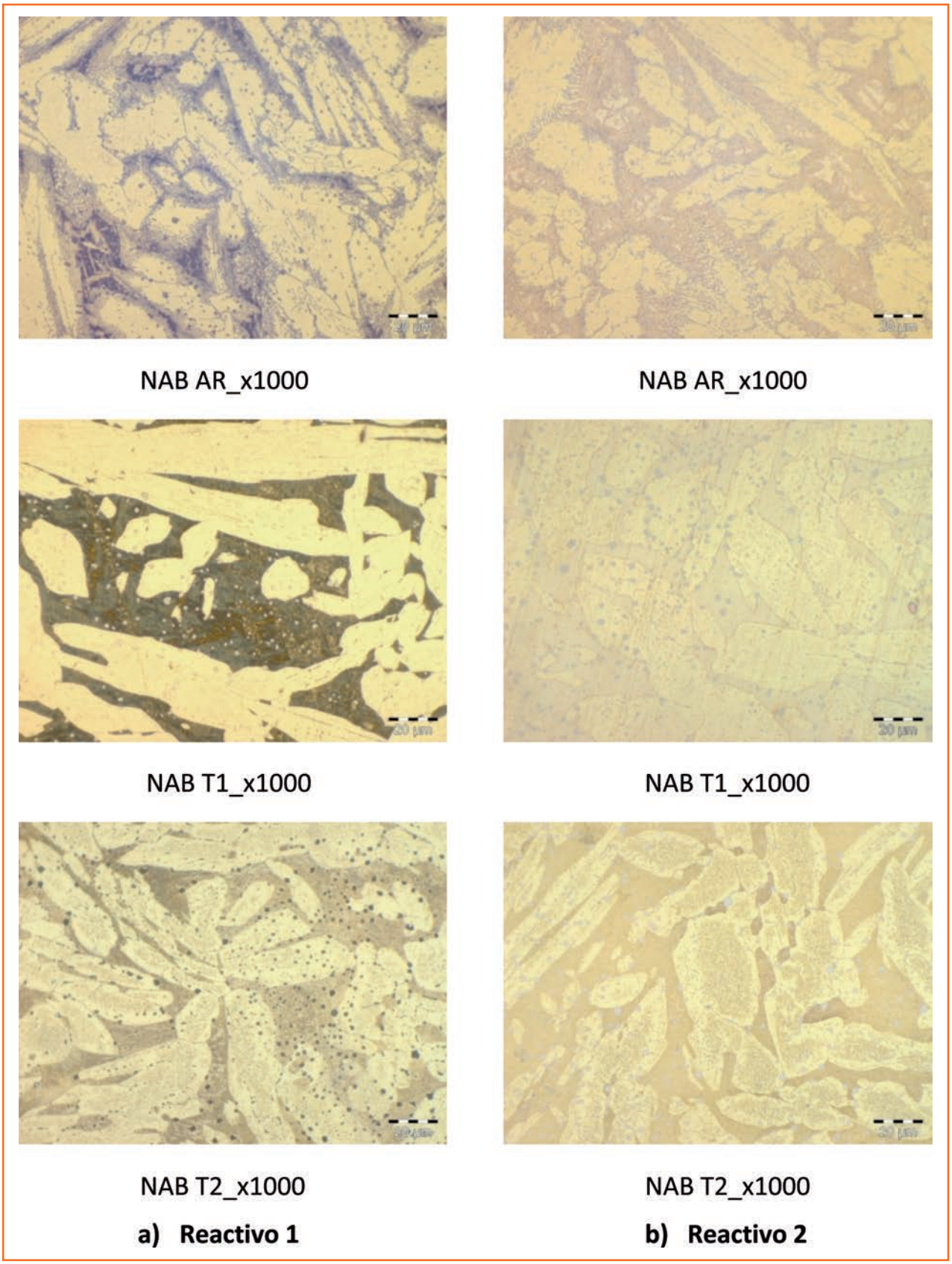


Figura 4. Efecto de tratamientos térmicos, AR, T1 y T2, en la microestructura del material estudiado observado con cada reactivo (x1.000).

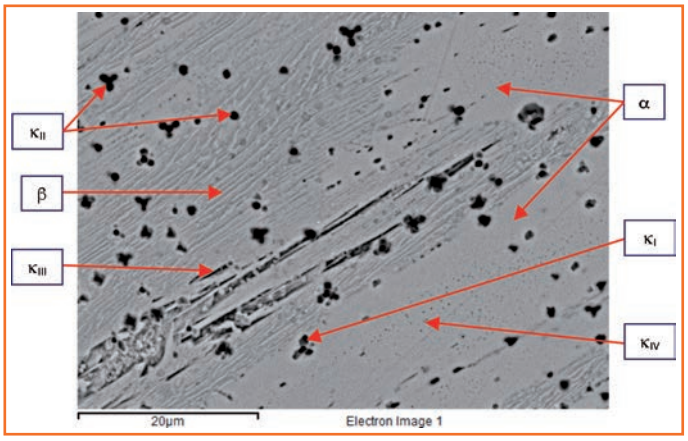


Figura 5. Identificación de fases en la aleación NAB AR_x500.

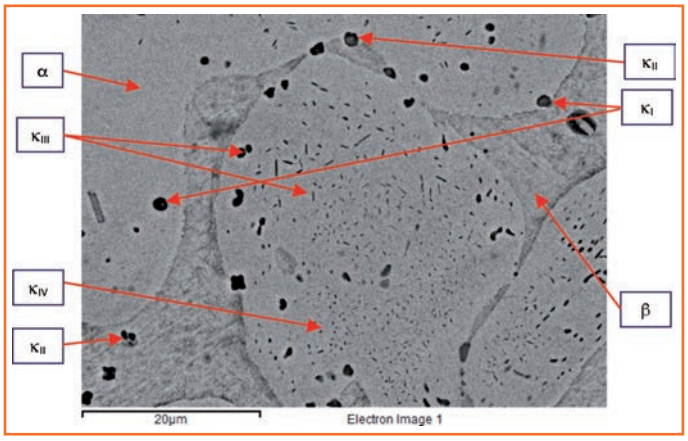


Figura 6. Identificación de fases en la aleación NAB T1_x500.

	Cu	Ni	Al	Fe	Mn
NAB	79.80	4.57	9.31	4.92	1.23
α	84.35	2.94	7.37	3.29	1.19
β	75.67	5.73	11.83	3.36	1.37
κ_I/κ_{II} (Fe_3Al)	12.94	9.10	11.62	63.94	1.58
κ_{III} (NiAl)	51.07	19.19	17.24	8.46	1.60

Tabla 4. Microanálisis de las fases presentes en la aleación NAB AR (%wt).

	Cu	Ni	Al	Fe	Mn
NAB	79.80	4.57	9.31	4.92	1.23
α	84.03	2.69	8.32	2.56	1.18
β	78.74	5.32	11.62	2.98	1.33
κ_I/κ_{II} (Fe_3Al)	24.23	16.80	15.77	40.58	1.94
κ_{III} (NiAl)	42.20	12.60	14.01	28.91	1.76

Tabla 5. Microanálisis de las fases presentes en la aleación NAB T1 (%wt).

enriquecidas en Fe, en alguna ocasión también es fácil confundirlas debido a su similar composición. Dentro de la fase α se forman unos precipitados de Fe3Al que configuran la fase κ_I. La fase κ_{II}, de menor tamaño que la fase κI, se encuentra en la interfase α/ β y dentro de la fase β (o β´ retenida). Por otro lado, la fase κ_{III}, formada por precipitados de NiAl, se encuentra en este caso dentro de la fase α en forma laminar y globular. La fase β experimenta una transformación notable con respecto a la misma fase en la microestructura AR, ya que aparece de forma aglutinada, referenciada en otros estudios como β´ retenida (Rui-ping, 2007). Los precipitados de fase κ_{IV}, que se encuentran en el interior de la fase α, tampoco se han podido analizar con EDX debido a su pequeño tamaño (Al-Hashem, 2002 y Hasan, 1982).

Microestructura T2

La característica más notable es la desaparición de los límites de las dendritas respecto a la matriz, que aparecían perfectamente definidos en la microestructura T1. Las rosetas ahora adquieren una estructura globular. El microanálisis EDX ha permitido identificar las fases presentes, incluidas en la Tabla 6. En la Figura 7 se presentan identificados los detalles microestructurales para el material estudiado.

	Cu	Ni	Al	Fe	Mn
NAB	79.80	4.57	9.31	4.92	1.23
α	83.74	2.98	8.05	2.76	1.25
β	76.65	6.55	10.62	3.49	1.07
κ_I/κ_{II} (Fe_3Al)	30.77	16.55	16.92	33.60	1.16
κ_{III} (NiAl)	58.36	13.84	11.51	3.93	1.17

Tabla 6. Microanálisis de las fases presentes en la aleación NAB T2 (%wt).

Las fases κ_I y κ_{III} tienes ambas formas globulares y en algunas ocasiones la fase κ_{III} aparece en forma laminar. No obstante, la fase κ_I se encuentra inmersa dentro de la fase α, al igual que la fase κ_{II}, en su lugar, la fase κ_{III} se encuentra dentro de la fase β. La fase β´ retenida obtenida en la microestructura T1, tras el proceso del

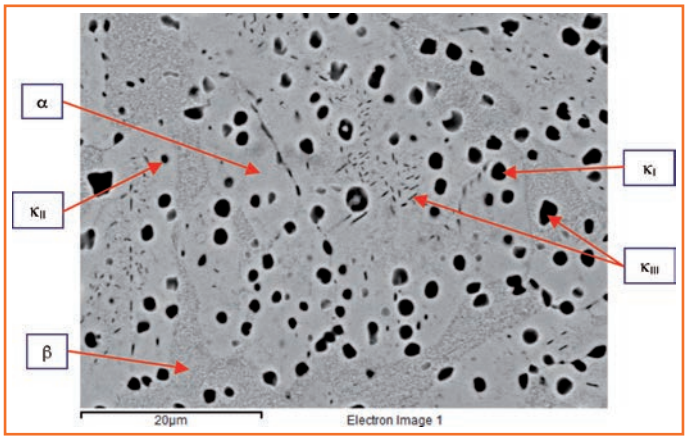


Figura 7. Identificación de fases mayoritarias, aleación NAB T2_x500.

temple y revenido T2, en parte se transforma en fase β y, otra parte, pasa a redistribuirse en fase α y microprecipitados relativos a las distintas fases κ, que aumentan en cantidad y tamaño, lo que concuerda con estudios previos realizados, de acuerdo a Rui-ping (2007), proporcionando al mismo tiempo una mayor resistencia frente a corrosión (Böhm, 2016). Por último, y de igual manera que en los anteriores tratamientos, los precipitados de fase κ_{IV}, que se encuentran en el interior de la fase α, tampoco se han podido analizar con EDX debido a su pequeño tamaño.

En general, las fases κ se enriquecen en Fe, en donde aumenta notablemente la relación inicial Fe/Ni, pasando de 1 a 2,3 y de 1 a 2 para T1 y T2 respectivamente. Análogamente se produce un aumento en la relación de Fe/Al de un factor 4 en el caso de T1 y de un factor de 1,5 en el caso de T2. Esto indica que el Fe inicial del material en estado de bruto de colada se ha redistribuido en su interior, siguiendo vías en donde se facilite la difusión de este átomo substitucional y apoyado por fuertes gradientes de concentración creados en la microestructura, localizándose en estas fases κ.

5. CONCLUSIONES

Tras el minucioso estudio de las trasformaciones microestructurales experimentadas por la aleación NAB, estudiado con amplio campo de aplicación en el sector naval, caben resaltar las principales conclusiones que se detallan a continuación:

- El reactivo químico que mejor revela la microestructura, y con mayor nitidez, es el reactivo 1 basado en el cloruro férrico, no obstante la solución amónica, que constituye el reactivo 2, proporciona gran contraste de coloración de las fases intermetálicas, fases κ.

- La fase α, rica en Cu, está presente en la microestructura tras los tratamientos térmicos bruto de colada (AR), temple (T1) y temple y revenido (T2). La fase β, queda retenida (β´) tras el proceso de temple (T1), pero se transforma tras el proceso de temple y revenido (T2), y adquiere una morfología similar al observado en las probetas de bruto de colada (AR).
- Tras los tratamientos térmicos, se ha observado un aumento en la cantidad y tamaño de precipitados de la fase κ. Estos precipitados pueden observarse en todos los estados analizados, a excepción de la fase κ_{IV}, difícil de apreciar por SEM, debido a su tamaño, especialmente en el estado de temple y revenido (T2).
- La ubicación de las fases intermetálicas es muy variada, e incluso, aleatoria. La fase κ_I, que aparece dentro de la fase α y en la interfase α/β tanto en bruto de colada (AR) como en temple (T1), pasa a redistribuirse únicamente en la fase α tras el tratamiento de temple y revenido (T2). La fase κ_{II}, nuclea y se propaga en el interior de la fase β, en bruto de colada (AR), aparece en la interfase α/β, así como en la fase β en temple (T1), mientras que, en temple y revenido (T2) aparece mayoritariamente en el interior de la fase α. Así, se puede concluir que la fase κ_{II} experimenta importantes transformaciones tras los tratamientos térmicos. La fase κ_{III} mantiene su forma laminar y globular, en los tres estados AR, T1 y T2, encontrándose mayoritariamente dentro de la fase α, al igual que los microprecipitados que configuran la fase κ_{IV}.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen, en primer lugar, a la empresa Wärtsilä Ibérica S. A. por haber proporcionado la aleación NAB para su estudio, y, en segundo lugar, a la Universidad de Cantabria por apoyar la realización del Proyecto de Investigación "EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE CORROSIÓN EN BRONCES PROVOCADO POR AGUAS NATURALES" bajo el Programa de Doctorados Industriales.

REFERENCIAS

Al-Hashem A., Riad, W. (2002). The role of microstructure of nickel-aluminium-bronze alloy on its cavitation corrosion behaviour in natural seawater. Mater. Charact. 48, 37-41.

Birn, J., Skalski, I. (2004). Corrosion behaviour of noun-ferrous metals in sea water, European Corrosion Conference: Long Term Prediction and Modelling of Corrosion, EUROCORR 2004, Nice, France.

Böhm, J., Linhardt, P., Strobl, S., Haubner, R., Biezma, M.V. (2016). Microstructure of a Heat Treated Nickel-Aluminium Bronze and Its Corrosion Behavior in Simulated Fresh and Sea Water. Materials Performance and Characterization 5 (5), 689–700.

G. S. Brady & Colls (2002), Materials Handbook, 15th ed., McGrawHill, New York, USA.

Cenoz-Echeverría, I. y Fernández-Carrasquilla, J. (2007). Influencia de la composición y el tratamiento térmico en las propiedades mecánicas de aleaciones de bronce al aluminio. Rev. Metal. 43 (4), 272-283.

V. N. Chervyakov & Colls (1992). Corrosion-electrochemical behaviour of Al-Fe-Ni-bronze in chloride solution. Zasch. Met. 28 (2), 196-201.

Culpan, E. A., Rose, G. (1979). Corrosion Behavior of Cast Nickel Aluminum Bronze in Sea Water. Br. Corrosion J. 14 (3), 160-166.

Grzegorzewicz, T. (2005). Nickel-free aluminium bronzes with higher strength and corrosion resistance. Prace Naukowe Instytutu Materialoznawstwa i Mechaniki Technicznej Politechniki Wroclawskiej 64, 26.

Hasan, F., Jahanafrooz, A., Lorimer, G. W., Ridley, N. (1982). The morphology, Cristallography and Chemistry of Phases in as Cast Nickel-Aluminium Bonze. Metall. Trans, A 13A, 1337-1345.

Hobbs, J. M. (1967). Erosion by cavitation or impingement. ASTM STP 408, American Society for Testing Materials, 220.

Linhardt, P. (2012). Examination of a Hydro Power Plant for corrosion related factors; Vortrag: Sitzung des Arbeitskreises "Mikrobiell beeinflusste Korrosion" des GfKORR, Frankfurt a. M. (eingeladen); 19.10.2012. Presentation: Meeting of the working group "Microbially influenced corrosion" of the GfKORR, Frankfurt a.M./Germany.

Linhardt, P., Kührer, S., Ball, G., Biezma, M. V. (2015). Potentiostatic experiments made more efficiently. EUROCORR 2015, Graz, Austria.

Pérez Mayta, G. E. (2011). Caracterización de la Susceptibilidad a la Corrosión en Bronces de Aluminio al Níquel. Determinación de Parámetros Electroquímicos. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

Macken, P. J., Smith, A. A. (1966). The aluminium bronzes: properties and production processes. Copper Development Association, London.

Park, J. C., Han, M. S., Kim, S. J. (2012). Investigation on the cavitation damage behavior with temperature and cavitation time in seawater. Surf. Interface Anal. 44 (11-12), 1407-1410.

Rui-ping, C., Ze-quing, L., Wei-wen, Z., Da-tong, Z., Zong-qiang, L., Yuan-yuan, L. (2007). Effect of heat treatment on microstructure and properties of hot-extruded nickel-aluminium bronze. Trans. Nonferrous Met. Soc. China 17, 1254-1258.

Sabbaghzadeh, B., Parvizi, R., Davoodi, A. (2014). Corrosion evaluation of multi-pass welded nickel-aluminium bronze alloy in 3.5% sodium chloride solution: A restorative application of gas tungsten arc welding process. Mater. Design 58, 346-356.

Sánchez, S.R. (1989). Heat exchanger corrosion in thermal power stations. Corros. Rev. 8 (3-4), 283-332.

Shussler, A., Exner, H. E. (1993). The corrosion of nickel-aluminium bronzes in seawater-I. Protective layer formation and the passivation mechanism. Corros. Sci. 34, 1793-1815.

Strang, J. C. R. (2011). Materials for Seawater Service, Hull Shipham Valves.

Weily-Couly, P., Arnaud, D. (1973). Influence de la composition et de la structure des cupro-aluminium sur leur comportement en service. Founderie 28, 123.

Wharton, J. A., Stokes, K. R. (2008). The Influence of Nickel-Aluminum Bronze Microstructure and Crevice Solution on the Initiation of Crevice Corrosion. Electrochim. Acta. 53, 2463-2473.

Wärtsilä Ibérica, S.A: www.wartsila.com (última visita julio 2017).

tenova B.M.I.
El especialista en hornos para tratamientos térmicos al vacío
Temple gas y aceite
Revenido y recocido
Nitruración baja presión
Nitruración iónica
Cementación baja presión
Soldadura brazing
Sinterizado
MIM
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L - Apdo. 4052 - 48080 BILBAO – ESPAÑA
TEL : 94.426.25.22 FAX: 94.426.22.62
info@aplitec-tt.com ; www.aplitec-tt.com ; www.bmi-fours.com

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

TECRESA
TECNICAS DE REFRACTARIOS, S.A.U.
A member of the STEULER Group
EMPRESA LIDER EN MONTAJE, SUMINISTRO, MANTENIMIENTO Y SUPERVISION DE REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS
Revestimientos Refractarios Industriales
Pavimentos Industriales – Protección de Superficies
Reparación y Refuerzo Estructural – Protección Pasiva contra Incendios
Ingeniería de Revestimientos Refractarios - Estudios de Eficiencia Energética
CENTRAL
Ribera de Zorrozaurre 15, 2º
Tf: +34 902 11 89 47·Fax: +34 944 48 37 32
48014 BILBAO
www.tecresa.com · tecresa@tecresa.com
DELEGACIONES
Asturias
Andalucia
Galicia
Cantabria

Flexinox INDUSTRIAL
www.flexinox.com
ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECAMBIOS EN ACEROS REFRACTARIOS
TUBOS RADIANTES
MUFLAS
RETORTAS
UTILLAJES
CESTAS Y CRISOLES
CADENAS
REPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE HORNOS
(OBRAS REFRECTARIAS)
Representante para España de AUBE-LINDBERG
FILINOX, S.A.
C/ Sant Adrià, 76
08030 Barcelona
Tel.: 93 223 26 62
Fax: 93 223 26 67
customer@inoxidables.com

PYRO CONTROLE
CHAUVIN ARNOUX GROUP
TKK EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., LTD.
SSi SUPER SYSTEMS INC.
HITECH INSTRUMENTS LTD
WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD.
주식회사 위너테크
ENTESIS technology
Sondas de oxígeno
Analizadores de gases
Pruebas de uniformidad de temp. AMS2750D, E y CQI9 r3
Sondas de temperatura
Videoregistradores
Reguladores de temperatura
Thyristores
Resistencias CSi y MoSi2
Automatización de hornos
Guitard 72 baixos, E-08014 Barcelona
Tel. (+34) 93 410 54 54, Fax (+34) 93 419 97 33
www.entesis.net · e-mail:info@entesis.net

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

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

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

Interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

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

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

www.interbil.es

ARROLA®
SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

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

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

S. A. METALOGRAFICA
DESDE 1949
TRATAMIENTOS TÉRMICOS

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

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

ACEMSA
Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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

Safe Cronite
L'esprit industriel

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

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

ERVIN AMASTEEL
El Estándar Mundial de Calidad

- Granalla Redonda y Angular fabricada en el Reino Unido y Alemania cumpliendo las normas internacionales SAE e ISO.
- El mejor servicio técnico y la mejor calidad de producto.
- Crecemos a través de la integridad y la innovación.

Los especialistas en granalla de acero y granalla inoxidable

Tel: +34 628 531 487
mforn@ervinindustries.com **sales@ervinamasteel.eu**

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

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS GmbH & Co. KG

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

SOLO Switzerland
Hornos industriales para el tratamiento térmico
www.soloswiss.es
SOLO Swiss SA
email : mail@solo.swiss - tel. : +34 656 878 067

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

Especialistas en Tecnologías del Vacío
Leybold
Leybold Hispánica, S.A.
C/ Huelva, 7 · E-08940 Cornellá de Llobregat
T +34 93 666 43 11
F +34 93 666 43 70
info.ba@leybold.com
www.leybold.com

Borel Standard Furnaces & Ovens Switzerland
Hornos industriales y estufas
www.borel-hornos.com
Borel Swiss SA
email : mail@borel.swiss - tel. : +34 656 878 067

HOT técnicas en Hornos HOT S.L.
- HORNOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO
- UTILLAJES, PARRILLAS, CESTAS
- PINTURAS PROTECTORAS
- HORNOS DE LABORATORIO
- DISEÑO, CONSTRUCCION Y ASESORAMIENTO
- SERVICIO TÉCNICO, REPUESTOS

AICHELIN Group
Lohmann Qualität in Edelstahl
Stop off paints LUISO®
TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.
Polígono Ibaiondo
Pabellón nº 13
20120 Hernani - Spain
e-mail: hot@tecnicashot.com
TF : + 34 943 33 72 33
Fax : + 34 943 33 72 34
Mv. : + 34 609 20 00 90

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

insertec
Furnaces & Refractories
Etxerre Kaminoa 21 \
48970 Basauri \
Bizkaia \ Spain
Tel.: +34 - 944 409 420
Fax: +34 - 944 496 624
email: insertec@insertec.biz
www.insertec.biz

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

SPECTRO AMETEK MATERIALS ANALYSIS DIVISION
Analizadores Estacionarios de Metales
La solución integral para sus necesidades de análisis de metales
SPECTROLAB
Máximas prestaciones para la siguiente generación de analizadores de metal
SPECTROMAXx
El Analizador de Metales Preferido
SPECTROCHECK
Las máximas prestaciones y fiabilidad al precio más bajo posible
SPECTRO Hispania SL • PAE Asuardo – Edificio Enekuri, nave 9 • 48950 Erandio, Vizcaya • Tel.: +34.94.471.0401 • Fax: +34.94.471.1741 • Email:comercial@spectro.es • www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 48
ADVANCED FACTORIES 11
APLITEC 47
ARROLA 48
BAUTERMIC 45
BIEMH . . . . . CONTRAP. 2
BMI 47
BORES SWISS 49
DEGUISA 47
ENTESIS 47
ERVIN AMASTEEL 48
FLEXINOX 47
FÓRUM ESTAMPACIÓN 9
HEA . . . . . CONTRAP. 4
HORNOS DEL VALLÉS 47
HOT 23
INSERTEC 49
INTERBIL 48
LEYBOLD 49
LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS . . 19
METALMADRID . . . . . ¿13?
ONDARLAN 7
PROYCOTECME 47
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . CONTRAP. 3
S.A. METALOGRÁFICA 48
SAFE 21
SOLO . . . . . PORTADA
SPECTRO 49
SUMINISTRO CALIBRACIÓN 17
TECNYMAT 15
TECRESA 47
WHEELABRATOR 48

Próximo número

ABRIL

Nº Especial **AEROSPACE** (Sevilla).

Hornos de sales. Instalaciones de atmósferas protectoras. Refractarios. Aislantes. Quemadores. Calentadores. Calidad. Laboratorio. Reguladores de temperatura. Cañas pirométricas. Metrología. Tratamiento térmico de metales férreos y no férreos.

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

PEDECA *Press* Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

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

TRATAMIENTO TÉRMICO DE ALEACIONES DE METALES NOBLES EN ATMÓSFERA CONTROLADA

HEA
SINCE 1945

HORNOS INDUSTRIALES

www.alferieff.com • hea@hornoshea.com

Telféfono: +34 91 639 69 11