TRATER Press

DICIEMBRE 2014 • Nº 44

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

SOLO Switzerland

Instalaciones de tratamientos térmicos con atmósfera controlada

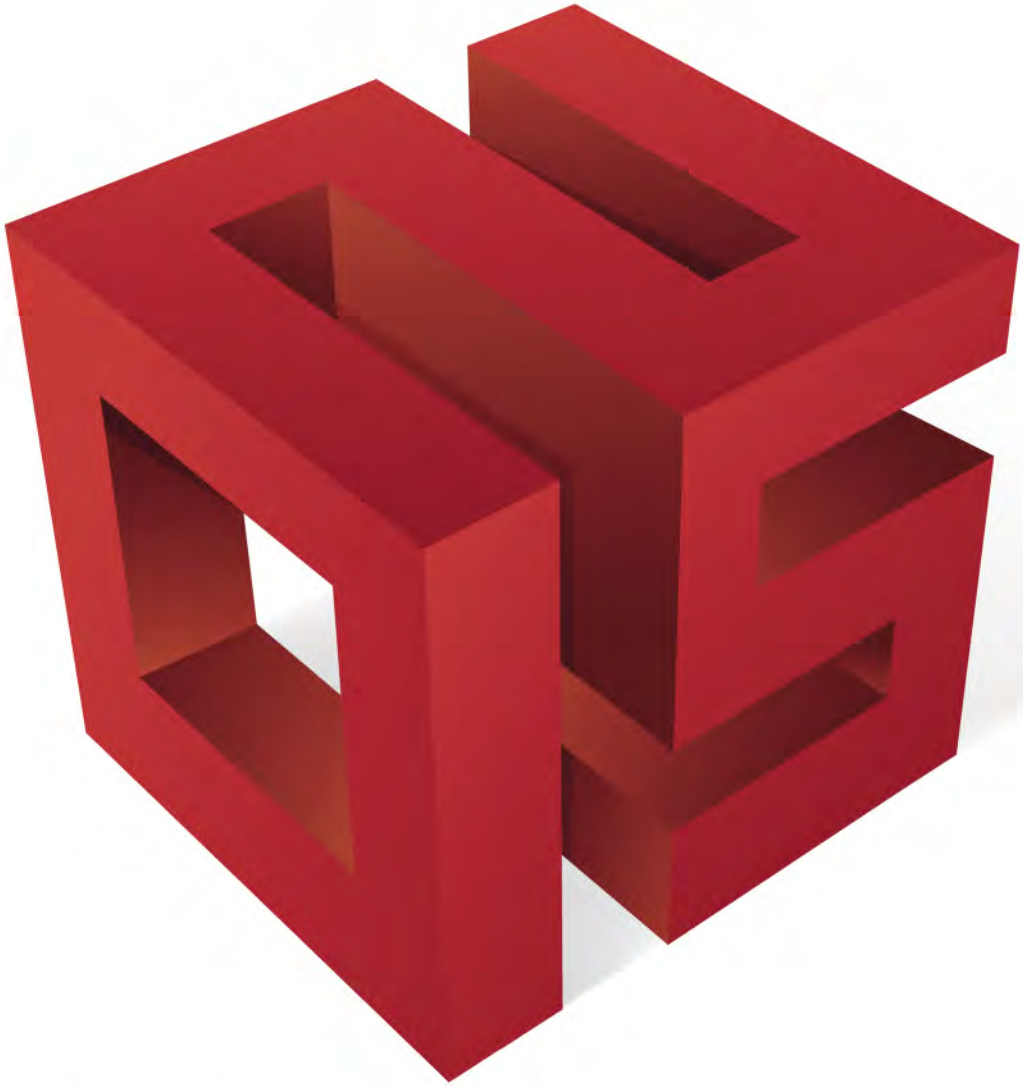
www.soloswiss.es

Líneas Automáticas de Hornos de Campana

Hornos Continuos

Innovative. Reliable. Precise.

metalmadrid `15



SERÁ MUCHO MÁS...

+ m² Exposición + Expositores y Maquinaria

+ Jornadas Técnicas + Novedades en Robótica y Composites

Infórmate ya y aprovecha las ventajas de ser el primero en reservar tu espacio.

www.metalmadrid.com
comercial@metalmadrid.com

Nuestra Portada

SOLO Swiss Group fue fundada en 1945 por el Sr. Käsermann y el Sr. Sperisen. SOLO sigue siendo una empresa familiar, gestionada por la tercera generación. La sede se encuentra en Bienne, cerca de Berna en Suiza y tiene las instalaciones de fabricación en Porrentruy y Neuchâtel, Suiza y en Guangzhou, China. SOLO Swiss es uno de los más antiguos fabricantes de hornos en Europa y exporta sus equipos en todo el mundo con una fuerte presencia en Asia.

SOLO Swiss fabrica hornos industriales avanzados para el tratamiento térmico de metales. SOLO Swiss ofrece hornos de atmósfera, los 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, oxinitriding, Temple).

SOLO Swiss ofrece dos tipos de hornos:

1. Profitherm hornos de campana. Este tipo único multifuncional de horno de campana y varios tanques de temple, permite una transferencia directa y rápida de la carga del horno al tanque de temple. El diseño modular permite la expansión fácil y permite todo tipo de ambientes y medios de temple.
2. Hornos continuos de atmósfera protectora o tratamiento con gas de enfriamiento o temple en líquidos.

Todos los hornos **SOLO Swiss** están equipados con muflas metálicas aleadas para proporcionar un tratamiento térmico de precisión y disponen de enfriamiento rápido.

SOLO Swiss hornos son muy adecuadas para el tratamiento de las pequeñas piezas metálicas complejas que requieren un tratamiento térmico mejorado y reducción de la distorsión. Las piezas incluyen: muelles, clips, botones, monedas, agujas, ganchos, rodamientos, piezas para la aeronáutica, la cuchillería, la industria de relojes, la micro mecánica, así como, piezas largas para que el horno de campana es la más adecuada. En todos estos campos, los clientes **SOLO Swiss** se encuentran entre los nombres más famosos en estas industrias durante más de 40 años.

SOLO Swiss Group se centra en el servicio al cliente y puede proporcionar un servicio mundial de reparaciones y mantenimiento.

Con más de 120 empleados, **SOLO Swiss Group** es una empresa familiar de tercera generación.

Todos los productos **SOLO Swiss** utilizan Axron control de procesos desarrollado internamente por Axron Suiza Technology SA (www.axron.com), una división del grupo **SOLO Swiss**.

SOLO Suiza es una empresa responsable y comprometida con el desarrollo sostenible, el buen gobierno corporativo y ética empresarial.

SOLO Swiss Group
Hornos Industriales
Telf +41 32 465 96 00 - Fax +41 32 465 96 05
mail@soloswiss.com - www.soloswiss.com

Sumario • Diciembre 2014 - Nº 44

Editorial 2

Noticias 4

LOESCHE ThermoProzess GmbH • TECNALIA y LABAQUA crean una nueva empresa dedicada a Servicios Ambientales • Ventiladores Sodeca • Nueva instalación en SEAT • FIMM 2015 en Perú.

Artículos

- Fórum de ARCAS - *Por Juan Martínez Arcas* 6
- Novedades en cámaras termofráficas - *Por Instrumentos Testo* 8
- LOESCHE ThermoProzess posee ahora una serie propia de quemadores compactos (monobloque) para la industria 10
- Presentación del avión KC-390 de Embraer 14
- MIDEST 2014: Concluye una bonita edición 16
- Se celebró el primer TRATER Day 20
- Jornada ASAMMET 2014 Asociación de Amigos de la Metalurgia 22
- Procesos térmicos para suministradores de aeronáutica - *Por Luis Gallego* 24
- Visualizar la Seguridad de las máquinas 26
- V Seminario de Transferencia Tecnológica 27
- Nueva tecnología a base de nanopartículas para barnices de deslizamiento de alto rendimiento, para la protección contra la fricción y el desgaste en el sector de la automoción - *Por Rudolf Zechel* 29
- "Últimos avances en operaciones de soldadura de aceros inoxidables. Gases de protección: tendencias y novedades" - *Por Instituto de Fundición TABIRA* 35
- Estudio comparativo del conformado en caliente de un acero microaleado, usando criterios termodinámicos continuos y criterios fenomenológicos - *Por I. Alcelay, A. Al Omar y J. M. Prado* 41

EMPLEO 51

Guía de compras 52

Indice de Anunciantes 56

Síguenos en

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

PEDECA PRESS PUBLICACIONES S.L.U.
Goya, 20, 4º - 28001 Madrid
Teléfono: 917 817 776 - Fax: 917 817 126
www.pedeca.es • pedeca@pedeca.es

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

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

Redactor honorífico:
José María Palacios

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

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

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

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

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

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

Con el final de 2014 transcurre otro año en el que continuamos luchando para seguir adelante. Se ha convertido en nuestra costumbre y como se suele decir ¡que no falte!.

Los comentarios futuros son positivos, pero hay que continuar con cautela y pasos firmes.

A los Reyes Magos les pedimos, aparte de más trabajo, que se lleve la lacra de la corrupción y nos bajen las tarifas eléctricas, tan importantes en nuestro sector. Hay mucho que pedir, pero con ambas cosas avanzamos bastante.

Y como siempre, todo el equipo que hace posible que sigan leyéndonos, les desea unas Felices Fiestas y un Próspero 2015.

Antonio Pérez de Camino

We measure it. testo

PLAN RENOVE* 300€

Y MOCHILA GRATIS para testo 350

¡No desaproveche esta oportunidad!

Con el plan Renove ahórrese 300 € en su compra.

- testo 340. Analizador de la combustión industrial, hasta 4 sensores.
- testo 350. Analizador de la combustión industrial, hasta 6 sensores.

*Promoción válida hasta 31.12.2014. Por la compra de un analizador de combustión industrial testo 340 o testo 350, si usted nos entrega su antiguo analizador de combustión indicando el número de su pedido de compra, Instrumentos Testo, S.A. realizará un abono de 300€ en su cuenta en concepto del Plan Renove.

www.testo.es

LOESCHE ThermoProzess GmbH

LOESCHE ThermoProzess GmbH (LTP) recibirá apoyo para la distribución técnica y el desarrollo de productos de aplicaciones térmicas, con el Sr. Hendrik Rahms. El señor Rahms tiene 36 años y ha trabajado con éxito durante varios años como ingeniero de procesos y jefe de proyectos en la compañía Brinkmann Industrielle Feuerungs-Systeme GmbH, una competente empresa de tecnología de termoprocesos.

Así pues, Rahms está perfectamente familiarizado con los productos de la tecnología de combustión y de procesos, así como con los requisitos del cliente en la industria.

Tras finalizar sus estudios (ingeniería en la escuela técnica superior) de técnica de abastecimiento y eliminación de desechos, Rahms, constructor especializado de sistemas de calefacción, realizó una segunda carrera (que compaginó con su trabajo) de Maestría en Ciencias (M. Sc.) en el sector de la gestión técnica,

con especialización en tecnología energética.

Después de completar sus estudios, Rahms ha reunido casi 5 años de experiencia como ingeniero de pruebas en el sector del empleo industrial de gas y la técnica de combustibles, en el prestigioso centro de investigación Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Info 1

TECNALIA y LABAQUA crean una nueva empresa dedicada a Servicios Ambientales

El centro de investigación TECNALIA y la empresa de servicios medioambientales LABAQUA han alcanzado un acuerdo para la creación de una Agrupación de Interés Económico (A.I.E.) denominada TECNALABAQUA, constituida por un 50% de LABAQUA y un 50% de TECNALIA.

La nueva empresa TECNALABAQUA dará un servicio más global en el ámbito de los servicios de realización de analíticas de laboratorio y las actividades de inspecciones reglamentarias y/o voluntarias, vigilancia ambiental y otros servicios de asistencia técnica en materia medioambiental.

TECNALABAQUA dispondrá de las mismas capacidades técnicas, acreditaciones, experiencia y rigor técnico que ha caracterizado históricamente al Laboratorio de Control Ambiental de TECNALIA, así como el soporte

de una red nacional, la ampliación de capacidades técnicas y la importante presencia en el mercado nacional que aporta LABAQUA.

TECNALABAQUA se convertirá así en el laboratorio de referencia en este campo en País Vasco, Navarra, La Rioja y Cantabria.

Además liderará proyectos de mayor envergadura que hacían a día de hoy los socios de manera independiente en sus territorios de actuación.

El Director de Servicios Tecnológicos de TECNALIA, José Luis Elejalde, ha explicado que “hemos buscado un socio líder nacional en servicios medioambientales que nos ofreciese solvencia tecnológica para adaptarnos a las actuales exigencias del mercado y que, al mismo tiempo, respondiera a las necesidades de desarrollo profesional de nuestro capital humano.

Por eso, hemos seleccionado a LABAQUA, líder en el ámbito de la consultoría y vigilancia ambiental, así como en servicios tecnológicos de análisis”.

Por su parte, el Director General de la sociedad LABAQUA, Guillermo Pascual, ha afirmado que este nuevo proyecto empresarial “constituye un paso clave de nuestro desarrollo para atender al mercado del ámbito geográfico seleccionado. TECNALABAQUA nos ayudará a estar más cerca de nuestros clientes”.

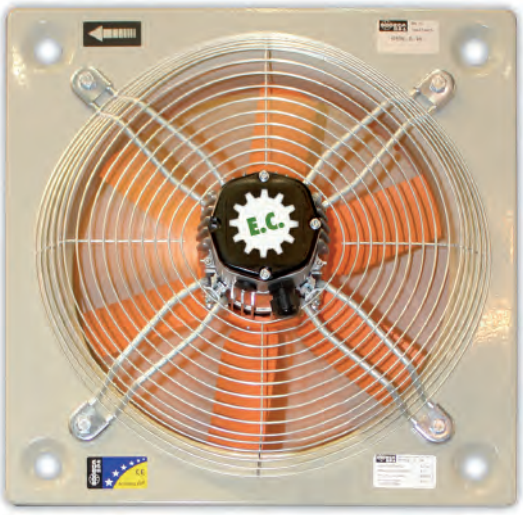
Info 2

Ventiladores Sodeca

Las normativas europeas de eficiencia energética han impulsado una nueva serie de ventiladores eficientes "Efficient Work" de alto rendimiento, equipados con motorizaciones de alta tecnología para lograr un ahorro energético superior.

Los ventiladores Efficient Work Sodeca sobrepasan los requisitos de la directiva ErP 2009/125/CE.

SODECA destaca la nueva gama de ventiladores helicoidales murales de alta eficiencia, equipados con motor Brushless industrial E.C. y variador electrónico de velocidad.



Este último permite regular la velocidad del ventilador para ajustarse a la demanda, obteniendo un ahorro energético extra.

El porcentaje promedio de ahorro energético de un ventilador EC Sodeca con variador electrónico, frente a un ventilador convencional, es del 50%, siendo así una opción muy rentable.

Info 3

Nueva instalación en SEAT

SECO / WARWICK está a punto de completar la modernización de la primera de las líneas de hornos de dos empujadores para componentes de automoción. Este proyecto organizado comenzó en marzo de 2014, con el trabajo que se realiza en SEAT Componentes en El Prat de Llobregat, (Barcelona).

La primera línea modernizada está terminando ya la fase de prueba final del proyecto. La preparación del segundo sistema se inició en noviembre y está prevista su finalización en marzo del próximo año. Debido a los resultados positivos del primer sistema, SEAT ha realizado un pedido de modernización y renovación de las próximas dos líneas de tratamiento térmico, para mejorar la eficiencia total del sistema.

Su reconstrucción técnica cubrirá el reemplazo de revestimiento del horno, sistema de quemador y conjuntos de ventiladores, tanto del tratamiento térmico como de los hornos de temple. Incluida en el proyecto de modernización es la adición de un sistema de lavado y manipulado de materiales. La planta de componentes de SEAT decidió sustituir el armario de distribución existente con el nuevo sistema de control.

Info 4

FIMM 2015 en Perú

En su Tercera Edición, La Feria & Congreso Internacional de Metalmecánica FIMM se realizará del 13 al 16 de Agosto del 2015

en el Centro de Exposiciones Jockey.

Durante los años 2013 y 2014 la Feria Internacional de Metalmecánica FIMM se ha consolidado como la más importante plataforma de encuentro para la industria metalmecánica del Perú, así lo demuestran los 18.000 visitantes recibidos en sus dos ediciones.

FIMM es el único evento especializado para la industria metalmecánica en el Perú donde participan empresas proveedoras en máquinas-herramienta tales como centros de mecanizado, tornos, cizallas, plegadoras, punzonadoras CNC así como convencionales, además de software, equipos e insumos para soldadura, herramientas de corte HSS y WC, instrumentación y calibración, pintura y acabados, productos varios como aceites, lubricantes, refrigerantes y servicios.

Con nuestros varios aliados, como el Ministerio de la Producción, PROMPERÚ, PUCP, SENATI, FINCYT, Mesas Técnicas Regionales y Asociaciones de metalmecánica, trabajan en conjunto la estrategia de convocatoria a nivel nacional y realizamos diversas actividades complementarias como reuniones, charlas y ruedas de negocio.

Info 5

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, 4º - 28001 Madrid
Teléfono: 917 817 776 - Fax: 917 817 126
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.

Pregunta diciembre 2014

Señor Juan Martínez Arcas, en esta ocasión y aprovechando su amplia experiencia, nos atrevemos a preguntarle lo siguiente:

"Importancia sobre la corrosión que tienen las variables ambientales y las metalúrgicas".

Respuesta

El pasado año, también tuve una pregunta relacionada con la corrosión y de forma general, descarté la respuesta por no tratarse de un tema básicamente de materiales o metalúrgico.

En esta ocasión, la respuesta será positiva, ya que entiendo que se relaciona el fenómeno de la corrosión con el factor metalúrgico.

Intentaré dar respuesta a tan interesante pregunta en tres apartados:

a) Factor económico
b) Factor de las variables ambientales
c) Factor de las variables metalúrgicas

Factor Económico

Como sabemos, uno de los principales impactos causados por los fenómenos de la corrosión es precisamente el factor económico, que ocasiona una degradación continua y pertinaz de las estructuras metálicas, con toda sus consecuencias y representan el 4% del PIB (Producto Interior Bruto) en los países industrializados.

Los costes que hemos indicado se refieren a los de mantenimiento correctivo y protección a corto plazo, así como la sustitución de elementos metálicos expuestos a condiciones atmosféricas agresivas, como son las zonas costeras y que lógicamente se ampliarían mucho más en otros ambientes distintos a los costeros.

Factor de las variables ambientales

Recordando que la corrosión implica la reacción entre un metal o una aleación y el ambiente que lo rodea, existen en este contexto una serie de factores o variables ambientales más importantes y por las que la corrosión se ve afectada. Estas variables son:

- El pH (acidez).
- La fuerza oxidante (potencial).
- La temperatura (transferencia de calor).
- La concentración (constituyentes en disolución).
- Podemos considerar también la influencia que tienen los organismos biológicos.

Nota: Seguiremos con ello en el siguiente número de la revista.

HEA

SINCE 1945

www.alferieff.com • hea@hornoshea.com

Novedades en cámaras termográficas

Por Instrumentos Testo

Instrumentos Testo S.A. presentó en la pasada edición de Matelec todas las novedades de su gama de cámaras termográficas, que se centran principalmente en un rango de cámaras para una gran variedad de aplicaciones y la serie profesional para las aplicaciones más exigentes.

La serie de inicio a la termografía es la testo 870; las novedades en Matelec fueron los nuevos Sets con los que los profesionales de instalaciones y el mantenimiento preventivo se beneficiarán de importantes ventajas. En los nuevos Sets, aparte de una notable reducción en el precio, se incluye la funda de transporte y la tecnología SuperResolution con la que se cuadruplican los píxeles de la cámara: mediante esta tecnología exclusiva Testo, las cámaras de la serie testo 870 con detector de 160x120 pasan a tener una resolución de 320x240.

La cámaras que componen la gama inicial que se presentó en Matelec se complementan con la serie testo 875i, unas cámaras con unas prestaciones superiores a la serie testo 870, especialmente indicadas para el mantenimiento preventivo industrial y eléctrico, así como para el sector de las auditorías energéticas. Como parte de la promoción en feria, y para facilitar el acceso a la termografía y hacer más fácil una posible decisión de compra, ahora y hasta final de año el cliente que lo solicite podrá probar sin compromiso durante una semana una unidad de esta serie, rellenando un sencillo formulario que encontrará en nuestra página web. Además, la serie testo 875i también incluye la tecnología SuperResolution mencionada anteriormente.

La serie profesional también presentó en Matelec unos nuevos Sets con la inclusión de múltiples accesorios y una importante reducción de precio respecto a los Sets estándar. Esta serie de cámaras termográficas están dirigidas a los profesionales de la inspección fotovoltaica y eléctrica, así como a inspectores y auditores energéticos o departamentos de I+D.

Estas promociones en cámaras termográficas también incluyen, para todas las unidades de cualquier serie adquiridas desde Matelec y hasta fin de año, un curso gratuito de termografía de 12 horas, impartido por termógrafos profesionales acreditados. Con esta iniciativa, Testo pretende facilitar a sus clientes y usuarios el aprovechamiento al máximo de sus productos.

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

LOESCHE ThermoProzess posee ahora una serie propia de quemadores compactos (monobloque) para la industria

Gracias a esta gama de productos para potencias desde 160 kW hasta 13 MW, la empresa LOESCHE ThermoProzess GmbH dispone de una serie propia de quemadores compactos para aplicaciones industriales.

Con ventilador integrado de aire de combustión y control integrado, LTP la gama de quemadores para la industria de procesos y la industria pesada con componentes prácticos y probados.

Nuestros productos se caracterizan por su calidad y su disponibilidad para la aplicación internacional, por lo que la nueva serie de quemadores no sólo incluye quemadores de gas, sino también quemadores para combustibles líquidos (aceites ligeros y pesados) y quemadores de dos combustibles, es decir, equipados para ambos tipos de combustible.

La gama de productos se ha desarrollado junto con el famoso fabricante de combustibles CIB Unigas, cuya sede se encuentra en Italia.

El objetivo de la cooperación con esta empresa era poder ofrecer, tanto dentro del grupo LOESCHE como a nuestros clientes internacionales, un producto que pudiese aplicarse en instalaciones térmicas, como generadores de gas caliente, calderas y plantas de procesos de todo tipo.

Como productos LTP que son, los quemadores se suministran siempre ligados a una instalación y con el diseño de LOESCHE.

Para los sistemas quemadores, se emplean exclusivamente componentes de la mejor calidad de fabricantes europeos, normalmente de Alemania.

En función de la aplicación y/o las condiciones ambientales, es posible realizar mediante la estructura modular de los sistemas una adaptación individual con respecto a los medios de combustión, a la introducción de armaduras y a los propios quemadores.

De este modo, los quemadores para aplicaciones pueden utilizarse en un rango de temperatura desde los -40 °C hasta los +40 °C.

Gracias a esta flexibilidad y a las espectaculares características de los productos, existe un gran interés por parte de los clientes finales y de los constructores de instalaciones de las industrias de metal y de procesos.

MÁQUINAS DE MEDIA FRECUENCIA
PARA CALENTAMIENTO Y TRATAMIENTO TÉRMICO

POTENCIAS
DESDE 5 KW
HASTA 50 KW

FRECUENCIAS
DESDE 20 KHZ HASTA 50 KHZ

INDUCTOTHERM GROUP | IBERIA

- Fabricación con tecnología de última generación
- Servicio de reparación local
- Servicio técnico local altamente cualificado
- Repuestos originales en stock
- Instalación y puesta en marcha
- Asesoramiento técnico

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

INDUCTOTHERM® GROUP

Leading Manufacturers of Melting. Thermal Processing & Production Systems for the Metals & Materials Industry Worldwide.

Worldwide Melting Group Companies
Seaford, Australia; Herstal, Belgium; Sau Paulo, Brazil; Shanghai, China; Droitwich, England; Paris, France; Simmerath, Germany; Ahmedabad, India; Irun, Spain; Kobe, Japan; Busan, Korea; Saltillo, Mexico; Taipei, Taiwan; Istanbul, Turkey; Rancocas, USA

Por eso, a pesar de que la introducción en el mercado de nuestra primera serie de quemadores es muy reciente, ésta se empleará ya, entre otras, en las siguientes instalaciones moledoras de clínker LOESCHE:

— Citeureup P14 Clinker, instalación de un generador de gas caliente LOMA® con aceite diésel industrial, que funciona en una instalación de clínker LOESCHE de Indonesia.

— Baturaja Clinker, instalación de un generador de gas caliente LOMA® con aceite ligero, que funciona en una instalación de clínker LOESCHE de Indonesia.

— Xuan Thanh, instalación de un generador de gas caliente LOMA® con aceite diésel industrial, que funciona en una instalación de clínker LOESCHE de Vietnam.

El mantenimiento es lo primero para LTP

Para un funcionamiento correcto, es importante que se efectúen unos servicios de mantenimiento completos, con asistencia rápida y personal en la preventa y la posventa. Por eso, de forma paralela al desarrollo de los quemadores, hemos ampliado nuestra oferta de servicios de mantenimiento.

Así pues, los técnicos de LTP están preparados para los encargos de puesta en servicio, supervisión y optimización a nivel internacional (por ejemplo en China, India, Ucrania, Rumanía o Argelia). Y para esto contamos, además, con el apoyo de distintas empresas asociadas de Sudamérica, África, Oriente Medio y Próximo, Asia, Rusia, Australia y Nueva Zelanda, así como con el de los técnicos de las mismas.

La tecnología más moderna, planificada e implementada por LTP

El asunto de las tecnologías de medición, control de ingeniería open-loop y close–loop y de regulación, así como el de la comunicación de los componentes mediante sistemas de control de procesos, entre otros, cobra cada vez más importancia, como lo hacen también los requisitos de seguridad o los requisitos locales.

Y nuestra serie de quemadores considera también estos asuntos. La aplicación de nuestra ingeniería de control, la programación, la fabricación del armario de distribución y el montaje los realizamos junto con nuestra empresa afiliada, la LOESCHE Automation LAG.

Acerca de LOESCHE ThermoProzess

Desde el año 2012, Loesche ThermoProzess GmbH (LTP) conforma una parte integral del grupo Loesche. LTP une ahora la tecnología tradicional de la combustión de la antigua ingeniería térmica Küppersbusch con el conocimiento sobre el generador de gas caliente de Loesche GmbH, y refuerza así la posición que ostenta el grupo Loesche en el mercado.

Actualmente trabajan 41 personas en la sede de LTP en Gelsenkirchen

LTP abre también el mercado de los quemadores industriales y la tecnología de procesos fuera del grupo Loesche. LTP es algo más que un mero proveedor de quemadores industriales. Los sistemas de encendido para combustibles sólidos, líquidos y gaseados, los generadores de gas caliente, los calentadores de cucharas y la calefacción de calderas con la automatización y el mantenimiento correspondientes a nivel mundial representan el volumen de nuestros servicios.

Por supuesto, a LTP no le puede faltar una gestión de calidad y ambiental (ISO 9001 e ISO 14001) certificada por TÜV Süd y la certificación como empresa especializada de soldadura por la SLV.

La gama de productos de LTP incluye quemadores y sistemas quemadores, así como tecnologías completas de regulación y control:

Quemadores:

— Quemadores monobloque y bibloque para generadores de gas caliente, hornos, talleres de fundición, calderas.

  Sistemas quemadores como generadores de gas caliente, estaciones de calentadores de cucharas, sistemas de calefacción de horno, sistemas de calefacción de horno de fundición, cámaras de postcombustión e instalaciones de secado.

— Mantenimiento y repuestos: Montaje, puesta en marcha, mantenimiento (a petición o por contrato).

Tecnología de soldadura:

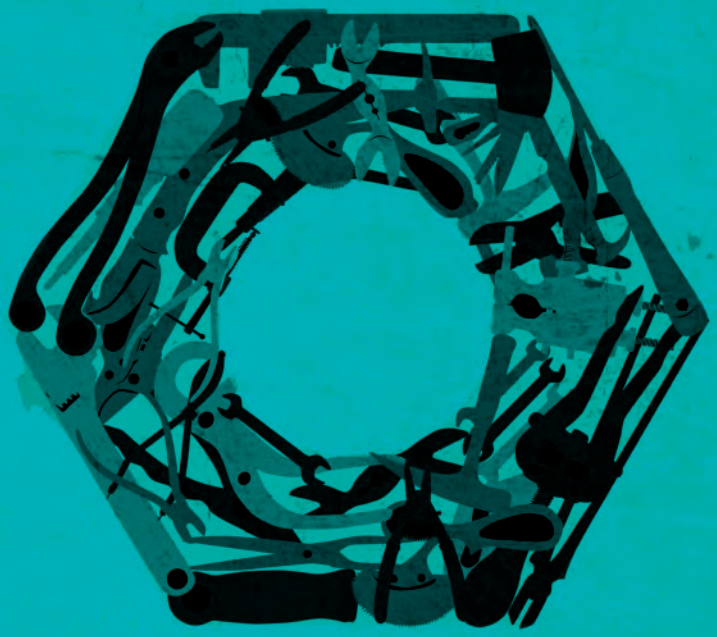
— Electrodos para soldadura.

FERROFORMA

FERIA INTERNACIONAL DE FERRETERÍA, BRICOLAJE Y SUMINISTRO INDUSTRIAL

2015 BILBAO | 26>29 MAYO

HERRAMIENTAS QUE CREAN INDUSTRIAS



26/29MAYO2015

FERROFORMA + SUBCONTRATACIÓN'15 + FITMAQ 2015 + MAINTENANCE + PUMPS & VALVES

SEMANA INDUSTRIAL BEC

www.ferroforma.eu

BILBAO EXHIBITION CENTRE
Ronda de Azkue, 1
48902 BARAKALDO
Tel: (+34) 94 404 00 00
Fax: (+34) 94 404 00 01
ferroforma@bec.eu
www.ferroforma.eu
www.bilbaoexhibitioncentre.com

BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

Presentación del avión KC-390 de Embraer

Con la ceremonia oficial de presentación (roll out) del avión de transporte táctico KC-390 de Embraer, que se celebró en Brasil, el programa entra en su fase de industrialización, movilizando a un amplio entramado de proveedores internacionales. Entre éstos se encuentran siete socios del Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco HEGAN, que han logrado entrar en este nuevo programa ampliando así la cartera de programas y mercados de aeronaves en los que trabajan.

Tras esta primera aparición pública, comenzará la etapa de fabricación. Se desarrollará en paralelo a las pruebas de vuelo de dos prototipos, orientadas a la obtención de la correspondiente certificación del modelo, diseñado para reemplazar a aviones de roles comparables que están llegado a su fin de ciclo de vida. Éste es el avión de mayor tamaño desarrollado por la industria aeronáutica brasileña especializada hasta ahora en los segmentos de aviación regional y jets de negocios. El Embraer KC-390 se orienta a un nicho de mercado aún no explorado por este fabricante. Podría empezar las pruebas de vuelo a final de este año y entrar en servicio a finales de 2015.

En conjunto, Embraer cuenta con la confirmación de un pedido de 28 aeronaves de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), su cliente de lanzamiento. Además, el carguero podría ser exportado a países que necesiten reemplazar pronto aviones de este tamaño que reúnan sus características. El KC-390 es un avión de carga, transporte y reabastecimiento de tamaño medio, capaz de transportar hasta 23 toneladas de carga, incluidos vehículos blindados de ruedas. Con una longitud de 32,7 metros, una envergadura de 35,1 metros y una altura de 10,3 metros, la aeronave está llamada a participar en el proceso de reemplazo de los medios de transporte estratégico, un mercado para el que Embraer prevé la necesidad de sustituir cerca de 698 aeronaves durante la próxima década.

Siete socios del Cluster de Aeronáutica y Espacio HEGAN han manifestado que participan en el programa del considerado tercer fabricante aeronáutico internacional, con el que las empresas del País Vasco colaboran desde hace varios años como socios a riesgo compartido y proveedores de sus aviones regionales y de negocios.

Aciturri se ha adjudicado el wing to fuselage fairing (WFF), un contrato en el que es responsable de los procesos de diseño, fabricación, montaje, integración final y certificación de ese subsistema completo.

La compañía Aernnova es responsable del diseño y fabricación de las superficies móviles en composite (alerones, flaps y timón de dirección) y de los utillajes para su fabricación, así como del diseño de la parte posterior del fuselaje, del pylon y de las puertas del tren de aterrizaje.

SENER ha sido la última compañía del Cluster en sumarse al programa KC-390. Este miembro fundador de HEGAN, diseñará y fabricará un sistema automatizado de manipulación para el ensamblado de grandes piezas móviles.

La línea podrá ser empleada en las fases del montaje del avión y en las de mantenimiento, cuando se desmonten las superficies de control.

A su vez, Altran diseña utillajes de fabricación y el desarrollo de la estructura primaria.

Dentro de la cadena de valor de Aernnova, Metraltec fabrica partes elementales y realiza ensamblajes, y CTA desarrolla ensayos del flap inboard, el alerón y el timón de dirección.

Finalmente, DYFA, una de las más recientes compañías incorporadas al Cluster HEGAN, participa en el mecanizado y control de piezas de fibra de carbono en 5 ejes para la belly fairing (el carenado ventral) y el ala.

La compañía vizcaína realiza el mecanizado de hasta 30 piezas diferentes en materiales compuestos, algunos de los cuales llegan a 10 metros.

MIDEST 2014: Concluye una bonita edición

En un contexto económico aún tenso, MIDEST, feria mundial de la subcontratación industrial que celebró del 4 al 7 de noviembre pasados su cuadragésimo-cuarta edición en el Recinto Ferial de Paris Nord Villepinte, fue un verdadero éxito. Mientras que en el momento de su inauguración presentaba una notable estabilidad, tanto en cuanto a superficie de exposición como de número de expositores con 1.678 empresas de 45 países (muy similar al año anterior), 41.048 profesionales pertenecientes a todos los sectores industriales y a 78 países que acudieron a su encuentro. Un conjunto de visitantes altamente cualificados y portadores de proyectos y perspectivas de negocios concretas, como comentaron los propios expositores.

Entre los momentos relevantes, el protagonismo otorgado por primera vez a un país norteafricano, Túnez así como a Normandía que alcanzaron a una amplia parte del público. El enfoque hecho a la aeronáutica y la impresión en 3D, la presencia del camión "Destination Plasturgie MAJOR" y la acogida por parte de la Federación de las Industrias Mecánicas (FIM) de los orientadores de los establecimientos escolares de la región parisina, también tuvieron muy buena acogida. Un éxito completado con los valores seguros como son los Trofeos, los encuentros de negocios, las conferencias, el plató de TV, etc.

Visitantes numerosos y de calidad

La buena salud de un evento como MIDEST da fe, tanto del dinamismo de los subcontratistas como de la motivación de sus representantes profesionales y consulares de reunirlos y promover sus competencias.

El salón reunió así este año 1.678 subcontratistas procedentes de 45 países, una cifra muy similar a la del año pasado. De forma más precisa, la subcontratación francesa sigue representando la oferta principal con el 61% de los expositores, 1.016 empresas. A nivel internacional, el conjunto de los socios extranjeros de MIDEST reunieron 662 empresas reforzando la representación mundial de este evento.

En cuanto a visitantes se refiere, MIDEST presentó una vez más una notable estabilidad con un ligero incremento de su audiencia del 2,5% respecto al pa-

sado año y del 4% respecto a 2012: 41.048 profesionales de 78 países acudieron a encontrarse con expositores, portadores de proyectos concretos; entre ellos un 17% de extranjeros (+2% respecto a 2013) de 78 países. Los 5 primeros países visitantes por orden de importancia fueron: Bélgica, España, Italia, Alemania y Túnez.

MIDEST también gozó de una importante cobertura mediática, ya que más de un centenar de periodistas franceses y extranjeros estuvieron presentes a lo largo de los 4 días del salón.

Numerosos momentos importantes y animaciones

Más allá de su papel primordial de acelerador de encuentros y generador de negocio, MIDEST acompaña tanto a sus expositores como a sus visitantes en las principales evoluciones de la industria mundial. Por ello este año ha hecho hincapié en el sector industrial más dinámico del mundo, la aeronáutica y en una técnica que adquiere cada vez más importancia, la fabricación aditiva o "impresión 3D" con distintas conferencias y platós TV.

Otras primicias: el protagonismo de una nación norteafricana: Túnez y de una región francesa: Normandía, a través de dos grandes espacios de exposición.

Una nueva animación también cosechó un gran éxito: el camión "Destination Plasturgie MAJOR" de la Federación de la Plasturgia y los Composites, que llevó a cabo numerosas demostraciones de las principales tecnologías empleadas en este sector. Destaquemos también: la invitación a los orientadores de los establecimientos escolares de la región parisina por parte de la FIM, para que descubrieran en el propio salón la variedad de oficios de la mecánica en la nueva "Place de la Mécanique".

Los Trofeos MIDEST 2014 premiaron a una decena de expositores que destacan por su excelencia en distintos ámbitos:

- Addix SAS en la categoría de Oficina de proyectos.
- Color-Consulting, EP Ingénierie y Robocortex en la categoría Innovación.
- Geficca en la categoría Internacional.
- Alsace Tôlerie en la categoría Organización.
- Groupe Sipa y y su cliente Proteor en la categoría Colaboración– Alianza.
- Estelec Industrie y Tiag Industries en la categoría Realizaciones ejemplares.

También se concedió un Premio Especial del Jurado a Dorier Plast' por el Velaqua, aparato acuático deportivo y lúdico cuya génesis se halla en la edición 2012 de MIDEST.

b2fair – Business to Fairs® organizó por cuarto año consecutivo, una serie de encuentros de negocios que dieron lugar a 1.300 citas cualificadas y a la medida, que permitieron poner en contacto subcontratistas y/o contratantes deseosos de entablar colaboraciones concretas en un sector específico. Un número de encuentros que experimenta un incremento notable del 48% respecto al año pasado.

El plató de TV recibió a los grandes protagonistas de la industria y la subcontratación presentes en los pasillos: en total, se realizaron no menos de 38 entrevistas.

MIDEST también fue el escenario de diferentes conferencias que permitieron a la audiencia visualizar un panorama completo de las últimas evoluciones del sector. En total, fueron 917 los asistentes a estos actos y a las conferencias flash animadas por el CETIM, Centro técnico de las industrias mecánicas.

Para concluir, el salón fue la ocasión de presentar la nueva edición de MIDEST MAROC, La cita industrial de ese país que se celebrará en Casablanca del 10 al 13 de diciembre en torno a seis grandes sectores: la subcontratación, la máquina-herramienta, la chapa, la electrónica, la transformación de plásticos y los servicios.

Próxima cita del 17 al 20 de noviembre 2015 para las ediciones de MIDEST y de MAINTENANCE EXPO, que se celebrarán en las mismas fechas que TOLEXPO, el salón internacional de los equipamientos de producción para el trabajo de los metales en lámina y en bobina, el tubo y los perfiles.

Se celebró el primer TRATER Day

El pasado 29 de octubre fue el día elegido para la celebración del primer TRATER Day y la feria Metalmadrid resultó ser el marco idóneo para su primera puesta en escena, ya que era la ocasión perfecta donde reunir empresas proveedoras y empresas usuarias del sector del Tratamiento Térmico. Para el poco tiempo con el que se contó para su organización, la acogida que tuvo demostró que el evento es necesario.

Por ser la primera vez, destacar que 40 personas de distintas compañías usuarias estuvieron presentes, para escuchar e intercambiar información con las empresas que presentaron las ponencias.

Con un programa ajustado por el tiempo disponible, el temario fue el siguiente:

ONDARLAN:

Principios básicos de la inducción aplicados a calentamiento y al tratamiento térmico: pasado, presente y futuro.

INSERTEC:

Tratamientos térmicos. Fundamentos e instalaciones tipo recomendadas.

AIR LIQUIDE ESPAÑA:

Instalaciones de control de amoníaco y sus atmósferas en los procesos de nitruración gaseosa.

HEA:

Hornos para el tratamiento térmico de piezas de chapa de aleaciones de aluminio para uso aeronáutico.

SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN:

Control de pirometría según normativa AMS-2750-E.

MTC /ALD:

¿Por qué se necesitan tratamientos térmicos superficiales? Las respuestas y las soluciones. Ofertas con los nuevos productos ALD.

Todas ellos fueron de gran interés y en cuanto se reciban en la redacción, se publicarán para su lectura por los interesados.

Desde aquí, agradecer a la organización de Metalmadrid la posibilidad de hacer posible el TRATER Day y como no, a las empresas y personas ponentes, asistentes, que según sus comentarios, quedan a la espera de la celebración del próximo para ampliar su formación, con casos prácticos que puedan resolver sus dudas.

Jornada ASAMMET 2014 Asociación de Amigos de la Metalurgia

El pasado 27 de noviembre en la Sala de Conferencias de la ETSEIAT (Escuela Tècnica Superior de Ingenieros Industriales y Aeronàutica de Terrassa), se celebró la Asamblea General de Socios/as de Asammet, con el siguiente orden del día:

— Asamblea de socios/as ASAMMET.
  - Lectura y aprobación del acta de la Asamblea ASAMMET 2013.
  - Renovación de la Junta ASAMMET hasta noviembre 2015.

  - Resumen actividades de la entidad en 2014 y propuestas 2015.
  - Estado de la entidad (miembros, recursos, economía).
  - Ruegos y preguntas.

— Saludo de bienvenida, al Sr. Miguel Mudarra, Director de ETSEIAT.

— Alocución del Presidente de ASAMMET, Sr. Juan Martínez Arcas, acompañado de la Junta Directiva actual:

  - "Celebramos nuestro primer lustro, desde la presentación de ASAMMET (noviembre 2009) que suele ser el punto de inflexión de una entidad cultural como la nuestra, para decidir si ha de continuar o se ha de disolver.

Nosotros vemos que ASAMMET ha sabido crecer bien, con salud y prosperidad. Y que tiene ganas de seguir creciendo. Este año hemos tenido una incorporación masiva de socios… gracias a las I Jornadas de Metal Duro del pasado octubre, LO QUE NOS HACE PENSAR que este es uno de los caminos y que ASAMMET ha de concentrar sus esfuerzos en dar respuestas a las necesidades del Sector, cumpliendo así unas de nuestra finalidades y razón de ser, y presentación del conferenciante invitado:

- Dr. Javier Fernández, profesor de Metalurgia de la Universitat de Barcelona y miembro de ASAMMET.

— CONFERENCIA "Materiales Funcionales: ¿de verdad funcionan?".

Esta conferencia planteó el papel que han jugado, y juegan, los materiales ante los nuevos retos tecnológicos en todos los momentos de la historia.

Desde la prehistoria, cuando el ser humano utiliza todo lo que la naturaleza le proporciona para defenderse y garantizar su supervivencia, pasando por el inicio de la transformación de los productos naturales, para crear nuevos materiales que den respuesta a las crecientes necesidades de las primeras sociedades, llegamos al momento actual, en el que el número de materiales disponible, y a nuestro alcance, es prácticamente infinito. Y, aún así, la sociedad sigue exigiendo actualizaciones, innovaciones, modificaciones...

En este contexto, el Dr. Fernández sorprendió con historias, anécdotas, curiosidades y retos que, pareciendo imposibles, se han cumplido gracias a la observación de la naturaleza, que siempre ha sido fuente inspiradora para la ciencia y la ingeniería, y también gracias a la buena respuesta de los materiales creados, sin olvidar, naturalmente, el buen saber hacer de la comunidad científica que se ha dedicado a su estudio y desarrollo.

— Posteriormente se celebró un entretenido coloquio.

Procesos térmicos para suministradores de aeronáutica

Por Luis Gallego. SCI, Suministro y Calibración Industrial.

Nadcap se ha diseñado como el programa líder de cooperación mundial de las principales compañías aeronáuticas, diseñado para gestionar un acercamiento consensuado y rentable a los procesos especiales y productos, para propiciar la mejora continua dentro de la industria aerospacial.

Entre sus miembros están; Rolls-Royce corporation, the Boeing Company, Honeywell ES & S, Airbus S.A.S., etc.

Las auditorias NADCAP se aplican a los procesos especiales; electroerosión, soldadura, end, etc., entre ellos están los procesos térmicos, y posiblemente sea la auditoria mas detallada y exhaustiva realizada.

CERTIFICACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS

La acreditación se realiza bajo normativa AMS-2750-D.

Esta normativa es realmente estricta y su cumplimiento intenta asegurar la calidad en el proceso térmico. A continuación pasamos a comentar las exigencias en el campo de calibraciones.

CONTROLES A REALIZAR

Control de la pirometría:

1. Sensores de temperatura.
2. Instrumentación.
3. Equipos de proceso térmico.
4. Calibración de precisión del horno (SAT).
5. Calibración de homogeneidad (TUS).

1. Sensores de temperatura

1.1. Termopar de control, registro y monitorización

La normativa no distingue entre distintos tipos de termopares, para todos ellos aplica la misma exigencia:

— Calibración antes del primer uso con una precisión de clase 1, 2 ó 3.

1.2. Termopares de carga

Utilizados para registrar la temperatura en la zona útil del horno, su colocación en la zona de carga, en probetas o en pieza nos permite registrar la temperatura real de tratamiento durante todo el proceso.

Calibración antes del primer uso.

Para los termopares de metal base como “K” y “N” no permite recalibrar y limita su vida a un numero máximo de usos/tiempo, dependiendo de la temperatura de trabajo.

1.3. Termopares patrones

Dentro de este apartado incluimos:

— Sensor de referencia.
— Sensores primarios.
— Sensores secundarios.
— Sensores utilizados en calibración homogeneidad.
— Sensores utilizados en calibración precisión.

Para todos ellos la normativa es clara y exigente, sin embargo el tratamentista no se tiene que preocupar, ya que es competencia del laboratorio de calibración que realice el resto de calibraciones.

2. Instrumentación

Equipos de indicación, control y registro, nos permiten "interpretar" la señal del termopar y mostrar la lectura en °C.

Se distinguen todos los equipos, desde los utilizados en el proceso térmico (Indicadores, registradores, etc.) hasta los patrones de referencia utilizados en las calibraciones.

3. Equipos de proceso térmico

Dependiendo de la topología del horno e instrumentación se deberá clasificar: tipo A, B, C, D y E, esta influye determinantemente en los periodos entre calibraciones.

3.1. Calibración de precisión (SAT)

Calibración de los sistemas de control y registro de la temperatura de cada zona de control del horno.

Utilizando un termopar patrón y situándolo en una posición cercana al de control / registro se realiza un proceso térmico habitual, registrando los valores de los dos termopares durante un periodo no inferior a 15 minutos en el punto de mantenimiento.

Para realizar esta calibración muchas veces es necesario modificar el diseño de los termopares, sin embargo, en la mayoría de casos esta modificación es sencilla y económica.

La periodicidad de estas calibraciones se define según el tipo de instrumentación (A, B, C, D o E) y la clase.

3.2. Homogeneidad de horno (TUS)

Se realiza para medir la homogeneidad de la temperatura y establecer la zona de trabajo aceptable.

Para esta calibración se utilizan varios termopares patrón, repartidos en la zona útil del horno, su número depende del volumen total, pudiendo utilizar desde 4 hasta 15 termopares, dependiendo del volumen útil.

Las temperaturas de la calibración serán las temperaturas mínimas y máximas del rango operativo del horno y entre puntos no debe superar los 335 °C.

El registro de datos de temperaturas se realiza en un proceso térmico habitual incluyendo el enfriamiento final, en las temperaturas de mantenimiento se deja estabilizar al menos 30 minutos, su posterior estudio nos permite realizar la clasificación del horno:

Clase del horno	Homogeneidad
1	±5°C
2	±6°C
3	±8°C
4	±10°C
5	±14°C
6	±28°C

La periodicidad de estas calibraciones se define según el tipo de instrumentación (A, B, C, D o E) y la clase.

CONCLUSIÓN

La determinación de aplicar esta normativa nos asegura cumplir con las exigencias de calidad de empresas del sector de la aeronáutica, sin embargo, alguna de ellas sigue aplicando su normativa particular y es necesario un estudio previo de la normativa para la realización de un plan de actuación acorde a las exigencias.

Con este artículo hemos querido presentar un pequeñísimo resumen de las exigencias de la normativa AMS-2750-E aplicables a los tratamientos térmicos, este articulo no se debe tomar como guía de actuación ya que la norma incluye otros muchos puntos aplicables.

Visualizar la Seguridad de las máquinas

A partir de ahora, la serie de terminales programables NB de Omron es compatible con el controlador de seguridad programable Omron G9SP, lo que proporciona a los fabricantes de máquinas una solución económica, en comparación con otros controladores de seguridad programables de E/S.

La serie HMI NB se puede conectar directamente a un controlador de seguridad Omron G9SP mediante un puerto serie RS232C. Esta conexión directa permite monitorizar fácilmente los estados de funcionamiento y los detalles de los errores gestionados por el controlador G9SP, reduciéndose el tiempo de inactividad de las máquinas. Además, también se puede ver en qué lugar exacto de la máquina se ha producido un error de seguridad, por ejemplo, si no se ha cerrado una puerta o si se ha estropeado un interruptor.

El controlador de seguridad programable G9SP puede controlar tanto E/S estándares como de seguridad; una solución que necesitaría varios controladores en caso de realizarse con otros fabricantes. Algunos controladores de seguridad sólo controlan E/S de seguridad y necesitan una unidad de red independiente para conectarse a un HMI, lo que supone coste y espacio adicional. La solución con G9SP permite a los usuarios consolidar sus aplicaciones hasta 20 E/S de seguridad en un mismo controlador e interfaz HMI.

La serie HMI NB es una familia completa de terminales programables, todas con pantalla TFT color de 3.5 a 10", backlight LED de larga duración y un amplio ángulo de visión. Esta combinación de alta calidad y elevadas prestaciones convierten a esta serie de terminales en la mejor elección para un gran número de máquinas, ideal para las de tamaño medio y compacto.

La nueva funcionalidad de comunicación con el controlador G9SP de Omron está disponible con el software gratuito NB-Designer v1.34 o posterior.

V Seminario de Transferencia Tecnológica

"El pasado 27 de Noviembre, día de acción de gracias en EEUU, se celebró en las instalaciones que el grupo norteamericano Inductotherm tiene en su planta española de Ondarlan, el V Seminario de Transferencia Tecnológica, dedicado por segundo año consecutivo a la FORJA.

Diecinueve personas, pertenecientes a doce empresas del sector, se congregaron en las instalaciones de Txirrita-Maleo en Rentería, con objeto de compartir experiencias y debatir sobre la eficiencia energética en los equipos de inducción para el calentamiento de tacos. Tres empresas más solicitaron la documentación del Seminario al no poder acudir al mismo. Cuatro diferentes ponencias, de carácter teórico-práctico, contribuyeron a dinamizar entre los participantes el recorrido a través de los últimos desarrollos tecnológicos en los hornos de inducción de cara a maximizar su eficiencia. Participaron como invitados especiales el grupo Praxair y la máxima autoridad mundial en forja dentro del grupo Inductotherm, el Dr. James Lin.

Finalmente, como colofón a la jornada, parte de los asistentes pudieron visitar los laboratorios de ensayos mecánicos, metalográficos y

químicos del centro tecnológico Tecnalia. De este modo, la calidad y la eficiencia energética tuvieron su punto de encuentro en el V Seminario de Transferencia Tecnológica."

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

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

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

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

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

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

Nueva tecnología a base de nanopartículas para barnices de deslizamiento de alto rendimiento, para la protección contra la fricción y el desgaste en el sector de la automoción

Por Rudolf Zechel, Klüber Lubrication München SE & Co KG, Munich

Resumen

Los barnices de deslizamiento o también llamados comúnmente recubrimientos, sirven para proteger componentes fabricados de metal, plástico o materiales elastómeros contra el desgaste y optimizar su comportamiento ante la fricción. En numerosas aplicaciones, garantizan una lubricación "limpia" a la vez que ofrecen características de rendimiento tales como protección contra la corrosión, reducción del stick-slip o y del ruido, un coeficiente de fricción constante y resistencia térmica, sin que sus propiedades cambien (por ejemplo, debido a la influencia del oxígeno) durante muchos años. En muchos componentes de vehículos motorizados tan diversos como tornillos, levas o todo tipo de sistemas de sellado, los barnices de deslizamiento ofrecen protección eficaz contra el desgaste, durante toda la vida útil en una amplia gama de condiciones de funcionamiento y combinaciones de cargas. Al ser secos, los barnices de deslizamiento en las superficies de fricción no presentan el riesgo de salirse fuera del punto de fricción o de impedir el ensamblaje de las diferentes piezas.

El aglutinante del recubrimiento puede estar sujeto a cargas elevadas, lo que puede reducir la vida útil. Resulta deseable que la abrasión del barniz durante el funcionamiento sea lo más baja posible, mientras que el coeficiente de fricción también debe permanecer en el valor más bajo posible. Aunque existen varios aditivos conocidos para mejorar la resistencia a la abrasión en barnices de deslizamiento, este efecto se suele obtener a costa del coeficiente de fricción. Otro problema consiste en que cuando las cargas son elevadas, el aglutinante tiende a romperse repentinamente en lugar de deteriorarse gradualmente. Por lo tanto, en las aplicaciones de alto rendimiento se requiere aumentar tanto la tolerancia al estrés de los barnices, como su resistencia a la abrasión. Al mismo tiempo, tiene que evitarse que el coeficiente de fricción aumente significativamente. Las nanopartículas dispersadas de forma muy fina han demostrado su capacidad para conseguir los objetivos mencionados en numerosas pruebas, al establecer un enlace covalente dentro de la matriz aglutinante y aumentar la resistencia del barniz de deslizamiento a la ruptura y abrasión.

Los barnices de deslizamiento que contienen nanopartículas duplican su vida útil normal sin fallo en los componentes. Por ejemplo, para los casquillos guía en cojinetes de desembrague, se registraron más de 1 millón de ciclos sin fallos en los componentes. Aunque anteriormente los requisitos estaban limitados a 500.000 ciclos, actualmente es posible alcanzar 1 millón de ciclos. También se consiguió un mejor rendimiento en cojinetes de aguja a los que se aplicaron barnices de deslizamiento con nanopartículas de SiO2 activadas específicamente.

Además, numerosas mediciones realizadas en diversos bancos de pruebas mostraron incrementos considerables en el tiempo de funcionamiento, sin fallos de componentes en contactos de fricción oscilante y por movimiento continuo. Estos resultados demuestran que las nanopartículas son adecuadas para su uso en barnices de deslizamiento. Las nano-

partículas ofrecen ventajas especialmente significativas en términos de economía, resistencia a la carga y vida útil del servicio en aplicaciones de alto rendimiento en el sector de la automoción.

1. Introducción

El sector de los lubricantes trata de responder actualmente a la demanda de un rendimiento más rápido, más elevado y superior, además de mayores intervalos de relubricación o incluso de lubricación durante toda la vida útil, menor consumo de lubricante o lubricación con la mínima cantidad posible. Lograr superficies secas supone un desarrollo adicional ya que evita la sensación "grasienta" e impide que las piezas se adhieran entre ellas, lo que facilita la separación de los componentes durante el ensamblaje automático. Otras ventajas adicionales de la lubricación seca son la lubricación de por vida, la prevención de sacudidas o “stick-slip “ y la separación eficaz de superficies en movimiento incluso a bajas velocidades de deslizamiento. Además, los barnices de deslizamiento también tienen que transferir cargas de una superficie de fricción a la otra. Existe el riesgo de que la presencia de cargas excesivas provoquen descamación de la capa lubricante y reduzcan la vida útil del componente. Para aumentar las cargas tolerables y la resistencia a la abrasión de los barnices de deslizamiento, se desarrolló el uso de nanopartículas funcionales dentro de un proyecto respaldado por financiación pública*). En este proyecto se documentaron todos los aspectos relevantes, desde las características de dispersión hasta una demostración de la ampliación de la vida útil.

Principios de funcionamiento de los barnices de deslizamiento

Un barniz de deslizamiento es normalmente una dispersión que se compone de aglutinantes orgánicos o inorgánicos, lubricantes sólidos, disolventes y aditivos. Los lubricantes sólidos, y en ocasiones también los aglutinantes, proporcionan el efecto lubricante, los aglutinantes garantizan una adherencia firme con la superficie del componente, y los disolventes son necesarios para aplicar una capa fina y uniforme. Los aditivos se utilizan, por ejemplo, para reducir la formación de espuma al agitar el producto, para permitir una buena reticulación de la superficie o un efecto anticorrosivo adecuado.

Para proteger las superficies contra la fricción y el desgaste, el barniz de deslizamiento puede aplicarse mediante pulverización en capas finas tras un tratamiento previo adecuado de la superficie. El barnizado en masa de (piezas pequeñas) también puede realizarse mediante pulverización en tambor, barnizado por inmersión/centrifugado o a través de métodos de inmersión. Tras la aplicación, los barnices tienen que endurecerse a temperatura ambiente o a una temperatura elevada.

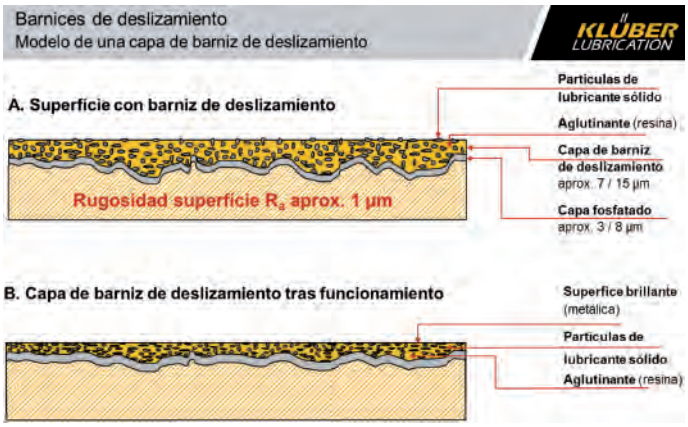


Fig. 1: Sección transversal de una capa de barniz de deslizamiento.

2. Resistencia superior del barniz de deslizamiento debido a nanopartículas funcionales

2.2. Daños por fatiga en barnices de deslizamiento

En el caso de los barnices de deslizamiento, el supuesto teórico es que sólo pequeñas cantidades de la capa se desgastarán y se depositarán en el material de contacto, hasta que se alcance un estado equilibrado que permita que el barniz de deslizamiento mantenga las superficies separadas durante un periodo de tiempo muy prolongado. No obstante, ésta es una imagen extremadamente idealizada que en la práctica solo resultará válida si las cargas operativas se mantienen muy por debajo del límite de carga de la capa. En numerosas aplicaciones, las cargas son mucho más altas. La descamación en la capa del barniz se producirá con más rapidez si los valores de las cargas se aproximan a los valores límite.

Los daños por fatiga se examinaron en un banco de pruebas en una placa deslizante y oscilante, como se muestra en la Fig. 2. La unidad de prueba con las placas deslizantes montadas se muestra en la Fig. 3. Cuando el banco de pruebas realiza un movimiento

Fig. 2: Banco de pruebas con placa deslizante oscilante.

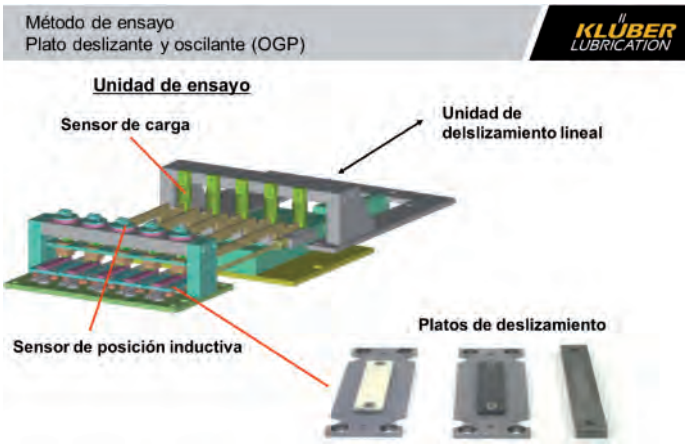


Fig. 3: Unidad de prueba que enfrentaimplica placas deslizantes en el banco de pruebas con placa deslizante oscilante.

lineal oscilante, el barniz de deslizamiento se ve sometido a una carga normal dinámica en la dirección normal, y a una fuerza de fricción inversa en la dirección de la carga de cizallamiento. Antes de comenzar la prueba, la fuerza normal puede establecerse dentro del rango de 50 a 500 N. El banco de pruebas contiene sensores para medir las fuerzas de fricción durante el funcionamiento. La señal emitida por los sensores inductivos de medición de la distancia de desgaste indica la transición hasta un desgaste severo.

Se trata básicamente de la carga que determina cuándo se producen daños por fatiga, tal y como se muestra en la Fig. 4. Tras cubrir 121 m, las primeras marcas son reconocibles en la superficie. Se extienden a medida que continúa la aplicación de la carga; tras 185 m, aparecen fisuras en la superficie. Tras 570 m, se detecta una descamación importante.

La propagación de los daños no está necesariamente

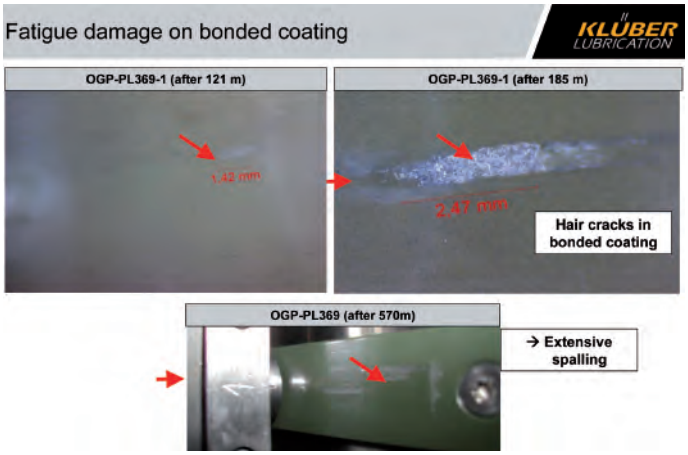


Fig. 4: Daños por fatiga en barniz de deslizamiento a una carga de 200 N, correspondiente con pH= 400 N/mm².

vinculada con el tipo de lubricante sólido utilizado. Es ampliamente conocido que el MoS2 puede resistir cargas mucho más altas que el PTFE. Se asumió un grosor de capa inicial de 15 a 20 µm para las mediciones.

El problema principal es la resistencia a la carga del sistema aglutinante que contiene el lubricante sólido. De hecho, el lubricante sólido es bastante perjudicial para la resistencia a la carga del aglutinante, por lo que en algunos barnices de deslizamiento que contienen MoS2, los daños podrían incluso propagarse con más rapidez y de forma más severa que en el caso de los barnices de deslizamiento con contenido de PTFE. Para que los barnices de deslizamiento con MoS2 ofrezcan alta resistencia a la carga, se aconseja aplicar capas extremadamente finas (hasta 5 µm como máximo) de un barniz con un contenido muy alto de MoS2.

No obstante, para lograr una vida útil prolongada, además de una buena resistencia a medios externos y una protección adecuada contra la corrosión, se requieren capas con grosor superior a 5 µm. Por lo tanto, se necesitan capas de entre 10 y 30 µm cuando coinciden estos factores. En estos casos, la resistencia del aglutinante tiene que aumentarse para evitar patrones de daños como los que se muestran en la Fig. 4, antes de que el sistema haya estado en uso después de un periodo de tiempo mucho más prolongado.

2.3. Aumento de la resistencia y vida útil de superficies con un barniz de deslizamiento

La ciencia clásica sobre materiales ha demostrado que se produce grano fino en materiales de alta re-

sistencia y tenacidad. Por lo tanto, la resistencia de los barnices de deslizamiento puede aumentar mediante el uso de las fuerzas de unión covalentes de nanopartículas funcionales. Para este propósito, se dispersan nanopartículas de distribución extremadamente fina en la matriz formada por aglutinante, lubricantes sólidos y aditivos. Debe garantizarse que las nanopartículas mantengan su distribución extremadamente fina en el barniz de deslizamiento, es decir, que no formen aglomerados. La Fig. 5 muestra un barniz de deslizamiento con nanopartículas que presentan una distribución extremadamente fina.

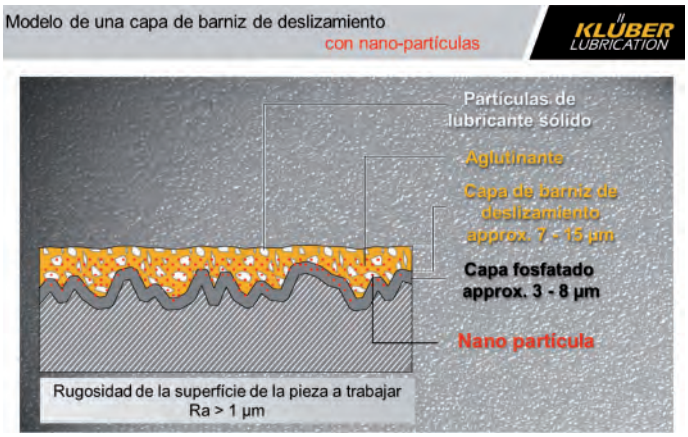


Fig. 5: Diagrama que muestra una distribución extremadamente fina de nanopartículas en una capa de barniz de deslizamiento.

Se realizaron mediciones para determinar su vida útil (hasta la transición a un desgaste severo) y su coeficiente de fricción. Ya que coeficientes de fricción más altos dan lugar a mayores fuerzas de cizallamiento en el barniz de deslizamiento, parecería de poca utilidad desarrollar barnices de deslizamiento con una alta resistencia en detrimento de su coeficiente de fricción. Las pruebas se realizaron en componentes reales y en equipos de prueba.

2.3.1. Pruebas en componentes reales

Los ejemplos positivos a mencionar son cojinetes de desembrague, casquillos guía y jaulas de cojinetes de agujas. Mientras que los requisitos de vida útil exigidos para los casquillos de desembrague utilizados suelen ser hasta aprox. 500.000 ciclos, los barnices de deslizamiento de PTFE con nanopartículas pueden lograr más de 1 millón de ciclos sin fallos. Los cojinetes de agujas con jaulas barnizadas encuentran utilidad, por ejemplo, en cojinetes de biela en motores de combustión interna.

2.3.2. Pruebas realizadas en bancos de pruebas

Para garantizar la idoneidad de los resultados de las mediciones, se utilizaron tres métodos distintos, cada uno basado en un conjunto de cargas diferente.

El banco de pruebas con placa deslizante oscilante que se muestra en las Figuras 2 y 3 se utilizó para medir los tiempos de funcionamiento y coeficientes de fricción, en condiciones de contacto lineal oscilante (cilindro horizontal moviéndose contra la placa con barniz). Para este propósito, se aplicó un barniz de deslizamiento de alto rendimiento estándar a las placas deslizantes (como referencia). Se aplicó el mismo barniz de deslizamiento de alto rendimiento con tres aditivos diferentes, dos de ellos aditivos antidesgaste de alta eficacia y el tercero con nanopartículas de SiO2 funcionales.

En la Fig. 6 se muestran los parámetros de las pruebas y los resultados de estas mediciones. Los tres aditivos dan lugar a tiempos de funcionamiento significativamente mayores, aunque sólo el aditivo de nanopartículas de SiO2 funcionales muestra un coeficiente de fricción similar al correspondiente al barniz de deslizamiento de referencia. La muestra barnizada con el aditivo 2 también sufrió un desgaste considerablemente elevado en la camisa del cilindro (material de contacto).

Los coeficientes de fricción obtenidos con los otros dos aditivos fueron µ = 0,2 y 0,25, respectivamente; por lo tanto, resultaron demasiado altos y se transmitió demasiada energía al contacto de fricción, provocando fuerzas de cizallamiento elevadas en el

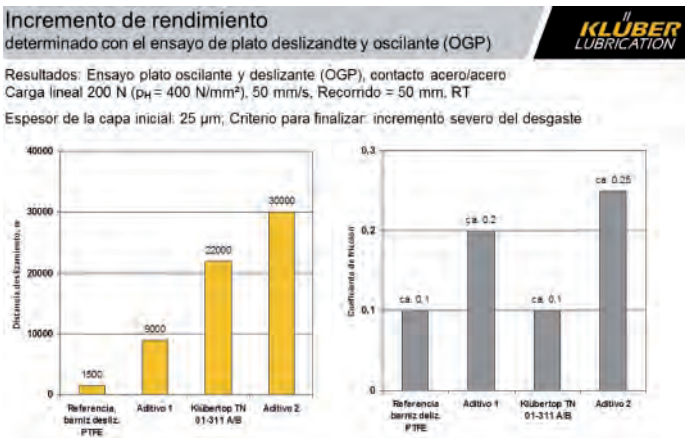


Fig. 6: Distancias cubiertas y coeficientes de fricción de los barnices de deslizamiento modificados probados (banco de pruebas con placa deslizante oscilante).

barniz de deslizamiento. Por el contrario, las nanopartículas de SiO2 funcionales permitieron alcanzar múltiples tiempos de funcionamiento sin que aumentara el coeficiente de fricción.

En la segunda prueba, se sometió a las mismas muestras de barniz de deslizamiento a un movimiento continuo con carga de punto único en un banco de pruebas con disco de bola, tal y como se muestra en la Fig. 7.

Fig. 7: Banco de pruebas con disco de bola.

En la Fig. 8 se muestran los parámetros de las pruebas y los resultados de estas mediciones. En esta prueba, el estrés en forma de carga de punto único de pH = 1.474 N/mm² es superior, aunque, debido al movimiento continuo, la carga de cizallamiento no se invierte repetidamente, como en el caso del banco de pruebas con placa deslizante oscilante. Además, bajo esta forma de carga, las muestras con nanopartículas de SiO2 funcionales mostraron tiempos de

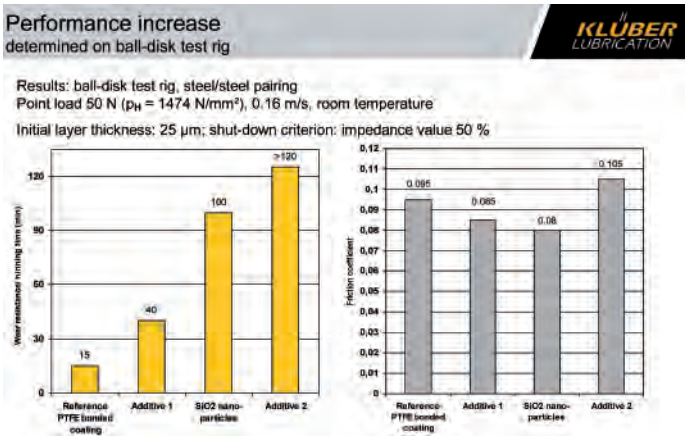


Fig. 8: Distancias cubiertas y coeficientes de fricción de los barnices de deslizamiento modificados probados (banco de pruebas con disco de bola).

funcionamiento varias veces superiores, con un coeficiente de fricción extremadamente bajo.

Los lubricantes especiales también deben cumplir el requisito de reducir, o incluso evitar, el movimiento con sacudidas o stick-slip. Un método muy eficiente, aunque no muy novedoso, para determinar el stick-slip es a través del ensayo Tannert (Fig. 9). En este ensayo, se montan dos placas barnizadas entre dos cilindros y se las somete a una carga que aumenta de forma escalonada, hasta que se provoca el stick-slip. Las sacudidas se producen especialmente en componentes elásticos que se mueven a velocidades de deslizamiento bajas.

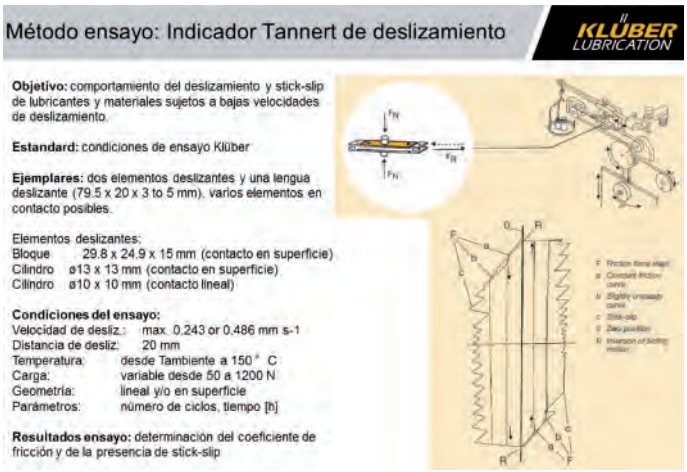


Fig. 9: Indicador de deslizamiento de acuerdo con Tannert.

En el ensayo, se aplicó una carga de hasta 500 N/mm² a todas las variantes de barniz de deslizamiento. No se produjo ninguna sacudida. En la Fig. 10 se mues-

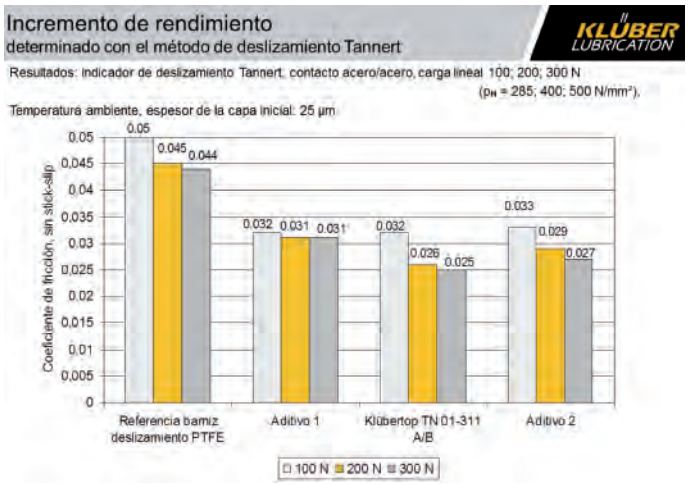


Fig. 10: Coeficientes de fricción en el indicador de deslizamiento de Tannert, sin stick-slip .

tran los coeficientes de fricción medidos. Una vez más, el barniz de deslizamiento con nanopartículas de SiO2 funcionales mostró un coeficiente de fricción estable con baja fricción por deslizamiento.

Estos resultados confirman la consecución del objetivo, el obtener una ampliación considerable de los tiempos de funcionamiento del barniz de deslizamiento sin aumentar el coeficiente de fricción. Para todas las clases de estrés, por ejemplo carga de punto único o lineal, movimiento giratorio u oscilante, es posible ampliar considerablemente la vida útil manteniendo el mismo coeficiente de fricción, o incluso reduciéndolo.

3. Conclusión

Con la ayuda de barnices de deslizamiento que contienen nanopartículas puede ampliarse considerablemente la vida útil de componentes de automoción sometidos a desgaste. Hasta el momento, se ha demostrado este hecho en casquillos guía en cojinetes de desembrague y en jaulas de cojinetes. Las pruebas minuciosas realizadas en bancos de pruebas con una amplia variedad de tipos y parámetros de pruebas ,justifican que puedan esperarse múltiples índices de ampliación de la vida útil.

Con tres métodos de pruebas distintos que implicaban condiciones de estrés diferentes, un barniz de deslizamiento con nanopartículas de SiO2 mostró múltiples resultados de vida útil combinados con coeficientes de fricción constantes e incluso inferiores, en comparación con los del propio barniz base.

"Últimos avances en operaciones de soldadura de aceros inoxidables. Gases de protección: tendencias y novedades"

Por Instituto de Fundición TABIRA

La jornada técnica "Últimos avances en operaciones de soldadura de aceros inoxidables. Gases de protección: tendencias y novedades" congregó a más de cincuenta profesionales de empresas, centros tecnológicos y universidades del sector, en un marco de trabajo técnico de alto nivel.

El Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN acogió el día 13 de noviembre la Jornada Técnica "Últimos avances en operaciones de soldadura de aceros inoxidables. Gases de protección: tendencias y novedades", en la que cerca de 55 técnicos de la industria pudieron profundizar y adquirir nuevos conocimientos en el ámbito de los procesos de soldadura de aceros inoxidables.

El evento permitió mostrar una visión general de los conceptos metalúrgicos básicos y la problemática asociada a los procesos de soldadura de aceros inoxidables, transmitir experiencias avanzadas en el uso de gases de protección para la soldadura de estos materiales en procesos MIG y TIG y conocer la influencia del aporte energético de las operaciones de soldadura, tanto en las características metalúrgicas, como en las propiedades mecánicas de este tipo de aceros.

Los campos de aplicación de los aceros inoxidables y otros materiales metálicos avanzados son cada vez más variados y abundantes. Su consumo se incrementa día a día y ocupa áreas tradicionalmente cubiertas por otro tipo de aceros. La utilización de estos materiales en operaciones de soldadura no solo requiere la elección del consumible de soldadura adecuado, sino también del proceso de soldeo

La jornada contó con una destacada participación de técnicos de empresas, centros tecnológicos y universidades.

idóneo para cada caso o aplicación. Actualmente, el desarrollo de estas técnicas novedosas de soldadura está permitiendo conseguir resultados superiores a procesos más convencionales, favoreciendo la competitividad de las empresas.

Esta jornada ha contado con la colaboración de especialistas de la empresa PRAXAIR, que junto con técnicos del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN, han compartido los últimos desarrollos en operaciones de soldadura de aceros inoxidables.

Tras la correspondiente bienvenida a los asistentes por parte del Sr. José Javier González, del Instituto de Fundición Tabira, y de la introducción al marco general de la jornada por parte del Sr. Jon Auzmendi, Director de Zona Norte de Praxair, y del Sr. David de Vicente, Responsable de Marketing y Desarrollo de Mercado para Gases de Soldadura y Corte de Praxair, comenzaron las distintas conferencias técnicas de acuerdo al programa de trabajo establecido.

Sr. Jon Auzmendi. Director de Zona Norte PRAXAIR.

Sr. José Javier González. Instituto de Fundición Tabira.

La primera de las ponencias corrió a cargo del Sr. Urko Uribe, coordinador del área de ensayos físicos de IK4-AZTERLAN, que dio inicio al contenido técnico del acto con una presentación orientada a la "Clasificación y soldabilidad de los aceros inoxidables". Es determinante conocer las características de los materiales, para entender y controlar su comportamiento durante los procesos de transformación (en este caso concreto, asociado a las operaciones de soldadura).

Tras una introducción a las propiedades y características principales de este tipo de aceros de alta resistencia a la corrosión (derivada fundamentalmente de su concentración de cromo), el Sr. Uribe hizo una detallada descripción de la clasificación de los mismos: ferríticos, martensíticos, austeníticos y austenoferríticos (conocidos éstos últimos como aceros dúplex), compartiendo sus principales características mecánicas y estructurales. La influencia de la composición química en la estructura metalúrgica es determinante. Se visualizaron algunas de las herramientas más utilizadas en este ámbito, como son los diagramas de Schaeffler, DeLong y WCR-1992, que permiten predecir la estructura de este tipo de aceros en función de su composición química.

A continuación, el Sr. Uribe hizo una revisión detallada de determinados fenómenos que se pueden producir en estos materiales durante las operaciones de soldadura, como son las precipitaciones o la formación de fases intermetálicas, detallando las consecuencias derivadas de su aparición y recomendaciones para evitarlas. Su interesante intervención concluyó con un análisis de la soldabilidad de cada uno de estos tipos de acero, con una serie de recomendaciones para optimizar los procesos de soldeo en función de la problemática específica de cada uno de estos tipos.

Los aceros ferríticos, de soldabilidad baja, presentan muchas complicaciones, tanto por variaciones estructurales, como por posibles precipitaciones y aparición de fases intermetálicas. Por su parte, los aceros austeníticos presentan una buena soldabilidad y ninguna transformación de fases desde la temperatura de fusión hasta la temperatura ambiente. Los martensíticos, de soldabilidad intermedia, templan fácilmente y presentan una ZAT de alta dureza y baja ductilidad. Con una estructura mixta y una soldabilidad intermedia, los aceros austenoferríticos presentan una resistencia mecánica superior a las calidades ferríticas y austeníticas, una conductividad y dilatación intermedias, y no presentan agrietamiento en caliente. El punto más crítico para estos aceros dúplex es la ZAT.

Sr. Urko Uribe. IK4-AZTERLAN, Coordinador del área de ensayos físicos.

El programa de trabajo de la jornada continuó con una presentación técnica del Sr. David Muñiz, Responsable de Desarrollo de Mercado para Welding Products de Praxair, que centró su intervención en la "Selección del modo de transferencia", describiendo desde los modos convencionales de transferencia del metal aportado, hasta las innovaciones más recientes para la soldadura en materiales inoxidables.

La productividad aportada por el proceso de soldadura GMAW (MIG/MAG) es cada día mayor y parte

fundamental de este éxito se debe al constante desarrollo de los equipos que la hacen posible. La irrupción de la electrónica de potencia y su incorporación en los equipos ha conseguido que, a través de la sinergia establecida y las programaciones relacionadas, se aumenten las posibilidades con las que podemos trabajar para cada material, espesor y tipo de unión.

Esta evolución ha sido también patente en la soldadura de los aceros inoxidables, adaptándose cada vez mejor a las particularidades que este material exige. Es difícil entender la evolución de este proceso sin adentrarnos en los modos de transferencia, ya que en definitiva se trata de como el proceso funde el material de aportación, produciendo éste la soldadura. En la ponencia se explicaron estos modos de transferencia tradicionales con vídeos de alta velocidad (ya que son fenómenos que pueden suceder más de 200 veces por segundo), describiendo también su aplicabilidad en los aceros inoxidables, sus ventajas y diferencias (en cuanto a penetración, deposición de material, espesores, campos de aplicación, gases a utilizar) y su dependencia de la energía del proceso y del gas de protección empleado.

Sr. David Muñiz. PRAXAIR, Responsable de Desarrollo de Mercado Welding Products.

Esta interesantísima presentación concluyó con una descripción de los modos de transferencia más innovadores. Se destacaron un arco frio ideal para procesos donde se requiere un perfecto control del baño y una baja aportación térmica (TControl Arc), una combinación de arco corto y pulsado que permite soldar con aspecto TIG en MIG incluso en posiciones complejas (Slowpulse) y por último, un arco forzado que permite elevadas productividades en espesores gruesos con elevada calidad geométrica del cordón, evitando mordeduras y otras defectologías asociadas a los procesos MIG de alto aporte térmico (PlusArc).

A continuación, tomó la palabra el Sr. David de Vicente, Responsable de Marketing y Desarrollo de Mercado para Gases de Soldadura y Corte de Praxair, con la ponencia “Soldadura MIG: Nuevos Gases para la mejora de la productividad”.

Tradicionalmente se ha considerado a los gases como un fungible tipo commodity, donde no hay más aportación de valor que la calidad en su suministro. En esta ponencia se transmitió la inexactitud de esta interpretación, muy alejada de la realidad. El gas de protección que interviene en la soldadura MIG es responsable de la productividad y de la calidad del proceso.

El Sr. de Vicente revisó el estado del arte de este ámbito, exponiendo la dificultad de soldeo de aceros inoxidables, la influencia del gas en diversos factores y cómo la generalidad de gases para soldadura MIG en estos materiales se basa actualmente en mezclas binarias donde se adiciona al argón un gas activo (O_2 y CO_2), cuya misión es estabilizar el arco. Esta adición se realiza en bajos porcentajes para no comprometer las excelentes características de estos aceros.

En contraste con estas mezclas binarias tradicionales, se expusieron unas mezclas ternarias donde se busca mejorar la calidad y la productividad del proceso mediante un tercer gas. Una primera propuesta para este tercer gas añadido es mediante adiciones de N_2, que mejoran la calidad metalúrgica de los aceros dúplex, consiguiendo también un excelente aspecto en soldadura por arco corto y pulsado, buenos niveles de penetración y una buena geometría del cordón. Se presenta como una opción excelente y económica para todos los inoxidables.

Una segunda alternativa es la adición de H_2, con la que se consiguen valores muy elevados de productividad en los aceros de grado austenítico, ofreciendo además un buen aspecto que facilita labores de limpieza y decapado posteriores.

Un tercer desarrollo está basado en adiciones de He, que ofrecen elevadas velocidades de proceso, siendo excelentes para procesos automatizados, permitiendo aumentar la fluidez del material para preparaciones de borde menos exigentes en dúplex y aceros de grado ferrítico.

La siguiente presentación técnica fue realizada por el Sr. David Sebastian, técnico del área de materiales de IK4-AZTERLAN.

Sr. David de Vicente. PRAXAIR, Responsable de Marketing y Desarrollo de Mercado para Gases de Soldadura y Corte.

En su ponencia "Propiedades metalúrgicas sobre uniones soldadas" profundizó en la metalurgia de los aceros inoxidables austeníticos y dúplex, haciendo hincapié en la importancia de garantizar unas correctas propiedades metalúrgicas en la unión soldada a través de una adecuada selección del material de aporte y una correcta ejecución de la soldadura.

En concreto se expusieron aspectos como los diferentes modos de solidificación que presentan estas aleaciones, las transformaciones y precipitación de fases que ocurren durante el enfriamiento, y la influencia que estos fenómenos ejercen sobre las propiedades finales de la soldadura.

El Sr. Sebastián dio a conocer las particularidades de cada tipo de acero respecto a su resistencia a la corrosión, presentando los diferentes modos de corrosión asociados a la soldadura de estos materiales, así como las posibles soluciones o medidas disponibles a fin de poder evitarlos.

Del mismo modo, se expusieron un par de ejemplos prácticos en los que se pudo comprobar la influencia y la importancia de la utilización de diferentes gases en los procesos de soldadura. En primer lugar se vio cómo el empleo de diferentes mezclas en la soldadura de aceros inoxidables austeníticos, permite utilizar una mayor velocidad de avance (lo que se traduce en una mayor productividad), manteniendo valores bajos de heat input, y por tanto sin afectar a las características mecánicas finales de la unión.

Sr. David Sebastian. IK4-AZTERLAN, Área de Materiales.

Por último, se verificó que el uso de una mezcla con 90% de nitrógeno y 10% de hidrógeno como gas de respaldo en soldadura TIG de aceros inoxidables dúplex, resulta beneficiosa para la resistencia a la corrosión del cordón, mejorando sensiblemente la resistencia al pitting sin producir los tan temidos fenómenos de fragilización por hidrógeno.

El Sr. David de Vicente, de la empresa Praxair, compartió de nuevo con la audiencia dos interesantes ponencias. En la primera de ellas, denominada "Soldadura TIG: Nuevos Gases - Soldadura y Respaldo", se hizo un recorrido tanto por el estado del arte de la soldadura TIG, como por las nuevas tendencias en gases de protección para la optimización de estos procesos.

La soldadura TIG se suele concentrar en procesos donde el vector principal no es la productividad, sino el aspecto y sobre todo la calidad metalúrgica que ofrece. Esto lo ubica en fabricaciones donde el producto terminado tendrá que cumplir funciones muy exigentes, enmarcando con frecuencia el proceso en el cumplimiento de procedimientos normativas y ensayos que no dan margen al error. Sus limitaciones en productividad han obligado a los fabricantes de equipamiento a apostar por la automatización del proceso, siendo cada vez más común tecnologías orbitales, TIG con aportación continua, TIG con hilo caliente, … etc.

La ponencia se inició alrededor de la idea de que cuando hablamos de calidad, productividad y alta exigencia, el papel del gas también es relevante. Actualmente, el uso de Argón garantiza un proceso estable y válido, pero la evolución y la mejora del proceso han ido demandando el uso de un segundo gas en base a lo que queramos conseguir. En dúplex, los códigos y manuales de mayor prestigio ya recomiendan el uso de mezclas con N_2 para garantizar un buen balance metalúrgico. Dentro de estos aceros, es normal mitigar la exigencia de preparación de bordes resultante de su viscosidad, frente a los austeníticos usando un gas como el helio, que aporta mayor input térmico. Adicionalmente, las mezclas con helio nos permiten ganancias de velocidad y penetración que lo convierten en una buena op-

El Sr. David de Vicente (Praxair), presentando sus ponencias sobre TIG y aplicaciones reales.

ción en automatismos TIG. El uso de mezclas con H_2 se extiende de manera exponencial en la soldadura de aceros de grado austenítico, debido a la buena combinación de su coste con las mejoras que ofrece, como un excelente aspecto, cordones planos y fuerte input térmico que aporta velocidad y penetración. Como ejemplo de su expansión, la nueva norma de cualificación de soldadores EN ISO 9606-1 incluye como nuevo proceso el "soldeo TIG 145 Soldeo por arco con adición de gas reductor en el gas inerte".

Seguidamente, el Sr. de Vicente compartió dentro del apartado “Aplicaciones avanzadas: exposición de resultados reales” una serie de experiencias y aplicaciones reales de este tipo de soldaduras y métodos comentados en las ponencias previas, incluyendo los resultados y conclusiones obtenidas en dichos trabajos y pruebas.

La última de las ponencias de la jornada fue realizada por el Sr. Geron López, Técnico Comercial del área de Gases de Soldadura y Corte de Praxair, explicando un “Caso práctico de eliminación de proyecciones de la antorcha”.

Como introdujo el Sr. López a los asistentes, una vez seleccionados los gases, aportaciones, equipamiento, etc. más adecuados, el complejo entorno de la soldadura nos exige operaciones que restan productividad, siendo una de ellas la conservación y limpieza de los consumibles montados en la antorcha MIG. En definitiva, toda la tecnología integrada en el equipamiento de soldadura MIG se transmite al proceso a través de los pequeños consumibles montados en el interior de la antorcha (difusor, tobera y punta de contacto), estando estos elementos sometidos a constantes choques térmicos, proyecciones, salpicaduras y humos de la soldadura, haciéndose necesaria su limpieza y como fin último su sustitución para garantizar la estabilidad del proceso.

El estado del arte actual para limpiar la antorcha, es una combinación de limpieza mecánica mediante fresas o elementos cortantes, con un agente químico tipo spray o pasta que disminuye la adherencia de las proyecciones. La parte mecánica produce abrasiones en los consumibles disminuyendo su vida útil y la parte química empobrece la calidad de la atmósfera respirada por el soldador y puede introducir contaminaciones en el proceso.

El caso práctico mostrado en este momento de la jornada está basado en la experiencia con un innovador proceso desarrollado por Praxair, denominado Easycleaner, y que consiste en la combinación de una botella compacta con una válvula difusora especial, que permite mediante impacto térmico de nieve carbónica eliminar las proyecciones en la antorcha. Las grandes ventajas descritas para este

Sr. Geron López. PRAXAIR, Técnico Comercial para Gases de Soldadura y Corte.

A la izda., el equipo de ponentes de la jornada. Este acto ha sido uno de los múltiples eventos enmarcados en la Semana Europea de la Gestión Avanzada, organizada por Euskalit.

método son que además de limpiar refrigera la antorcha, la limpieza no es abrasiva (aumentando sustancialmente la vida de los consumibles), es rápido (5 seg), por lo que aumenta la productividad, es seguro (ya que no se trabaja con elementos abrasivos ni existe posibilidad de quemaduras) y es respetuoso con el medioambiente, ya que al contrario de los sprays y pastas antiproyecciones no empeora la calidad de los humos.

El nivel y el alto conocimiento técnico compartido a través de todas las presentaciones, 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.

Desde la organización del acto, agradecer el esfuerzo y la colaboración de los técnicos de PRAXAIR, así como del Centro Tecnológico IK4-AZTERLAN, que han hecho posible la coordinación y materialización de este interesantísimo espacio técnico de trabajo.

Asimismo, agradecer a EUSKALIT haber hecho posible nuestra participación en la Semana Europea de la Gestión Avanzada, un punto de encuentro desde el que hemos podido transferir a nuestra industria las mejores experiencias y conocimientos de nuevas formas de trabajo, que nos hagan ser más competitivos.

XX Edición de la Semana Europea de la Gestión Avanzada, en cuyo apartado de Innovación se ha enmarcado esta jornada.

Organizadores y entidades colaboradoras:

tabira Instituto de Fundición

PRAXAIR Making our planet more productive

IK4 AZTERLAN

DEE-AED

Durangoko Merinaldearen Amankomunazgoa
Mancomunidad de la Merindad de Durango

KUDEAKETA AURRERATUA EUSKALIT GESTIÓN AVANZADA

Estudio comparativo del conformado en caliente de un acero microaleado, usando criterios termodinámicos continuos y criterios fenomenológicos

Por I. Alcelay[1], A. Al Omar[1] y J. M. Prado[2]

RESUMEN

En las últimas décadas, los mapas de procesado han sido ampliamente utilizados para diseñar, controlar y optimizar los procesos de conformado en caliente. En el presente trabajo, se presenta un estudio comparativo entre mapas de procesado elaborados usando criterios termodinámicos continuos y criterios fenomenológicos. Por ello, se llevaron a cabo ensayos de compresión en caliente en el rango de temperaturas 900 - 1.150 °C y de velocidades de deformación $\dot{\varepsilon}$ = 10^{-4} - 10 s^{-1}. El comportamiento en caliente del acero estudiado ha sido estudiado analizando las curvas de fluencia y la interacción entre el comportamiento microestructural y los parámetros de control del proceso de deformación. El estudio comparativo de los mapas de procesado muestra la diferencia entre las posiciones de los distintos dominios de deformación plástica, según el criterio de inestabilidad usado. Además, el análisis de dichos mapas indica que el acero estudiado no sufre ningún tipo de inestabilidad plástica. Sin embargo, los mapas correspondientes a la deformación ε = 0,6 revelan la existencia de un dominio de recristalización dinámica, considerado como el dominio más eficiente dentro de la región segura de procesado. Este dominio está centrado a 1.150 °C y 10 s^{-1}.

[1] Departament d'Enginyeria Mecànica, Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

[2] Centre Tecnològic de Manresa (CTM), Barcelona.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la crisis económica ha obligado a las industrias de fabricación a reducir los costos y a acortar los tiempos de diseño adoptando nuevas estrategias en sus sistemas de fabricación. Dichas estrategias tienen como objetivo principal mejorar la calidad de los productos fabricados, ahorrar energía y aumentar la productividad. Por ello, componentes mecánicos importantes para automóviles y máquinas industriales, tales como cigueñales y bielas, se obtienen por forjado de aceros microaleados. El interés de la utilización de este tipo de aceros se deriva del hecho de no necesitar los costosos tratamientos térmicos de temple y revenido después de la forja de la pieza, lo que permite reducir los costes económicos y energéticos de fabricación de piezas forjadas en aproximadamente un 15-25 %. El control de las propiedades y de la microestructura de estos aceros se logra a través del afino de grano y del endurecimiento por precipitación durante el enfriamiento de la ferrita [1-6]. En consecuencia, una caracterización adecuada de la deformación plástica, en condiciones de conformado en caliente, es una tarea importante y necesaria para optimizar los parámetros de control de los procesos de conformado y avalar el diseño de los componentes fabricados con estos aceros.

Cuando un material metálico se conforma en caliente, a una temperatura T adecuada, se producen de forma simultánea un endurecimiento por deformación, como consecuencia de la presencia de obstáculos al movimiento de dislocaciones, y un

ablandamiento del material deformado por procesos de restauración. Es decir, compiten simultáneamente dos mecanismos, antagónicos, de creación y eliminación de defectos cristalinos. Generalmente se alcanza un equilibrio en aquella competición y se logra un régimen de equilibrio tal, a partir de determinada deformación, que a una tensión constante, el material se deforma plásticamente sin endurecerse.

Así, en un proceso industrial de conformado, un material puede deformarse según varios mecanismos de deformación. En un cierto intervalo de temperatura y velocidad de deformación, sólo actuará uno de los posibles mecanismos de deformación, ya que, siendo independientes entre sí, todos ellos actúan simultáneamente y el más rápido será el que controle la fluencia. Como es bien sabido, los procesos de conformado por deformación plástica quedan esencialmente limitados por la aparición y desarrollo de inestabilidades plásticas. Éstas pueden ser la causa directa de la propagación rápida de una fisura, que puede dar lugar a una rotura final. La complejidad de los modos de deformación y la intervención simultánea de varios parámetros han llevado a varios investigadores a desarrollar diversos criterios, con diferentes planteamientos, para predecir la aparición de defectos y optimizar los parámetros de control en los procesos de conformado [7-10].

Un modo de determinar el proceso que controla la deformación plástica es mediante la utilización de los mapas de procesado [11-19]. Estos mapas se construyen usando ecuaciones que relacionan la tensión de fluencia con la temperatura, la velocidad de deformación y la estructura, y permiten predecir los mecanismos de deformación controladores a diferentes temperaturas y velocidades de deformación. De esta manera, se pueden definir, en los mapas de procesado, los dominios más "seguros" para el conformado, evitando inestabilidades plásticas y consiguiendo la máxima eficiencia energética.

En el presente trabajo, se lleva a cabo una caracterización de la fluencia plástica de un acero microlaeado de medio carbono y se presenta un estudio comparativo entre mapas de procesado, elaborados usando dos tipos de criterios:

— Criterios fenomenológicos: basados en una observación descriptiva y una interpretación mecánica de los fenómenos microscópicos de la deformación (endurecimiento por deformación y sensibilidad a la velocidad de deformación). Estos criterios son deducidos a partir de hipótesis de comportamiento, y reflejan el mecanismo de la inestabilidad plástica. Teniendo en cuenta las indicaciones cualitativas de la física de sólidos y de la termodinámica, se pueden llegar a obtener criterios sencillos y realistas.

— Criterios termodinámicos continuos: basados en los principios de máxima velocidad de producción de entropía de la termodinámica irreversible, aplicada a la mecánica continua de la fluencia plástica en grandes deformaciones. La aproximación termodinámica utiliza un medio continuo homogenizado equivalente al medio real, y representa los fenómenos físicos mediante variables macroscópicas. Éstas permiten optimizar los parámetros de control y definir los dominios óptimos de deformación en los mapas de procesado, donde se evitan las inestabilidades plásticas y se consigue la máxima eficiencia energética.

2. MÉTODO EXPERIMENTAL

Como aleación de estudio se escogió un acero comercial microaleado con contenido medio carbono, destinado al sector de forja de componentes de automoción. Los elementos de aleación son vanadio, titanio y aluminio, y su composición química se indica en la tabla I.

Para estudiar el comportamiento a fluencia del acero estudiado se realizaron ensayos de compresión uniaxial a velocidades de deformación verdadera ($\dot{\varepsilon}$) constantes. Los ensayos se efectuaron a temperaturas que oscilaron entre 1.150 y 900 °C a incrementos de 50 °C, y en un intervalo de velocidades de deformación que varió entre 10^{-4} y 10 s^{-1}.

Las probetas ensayadas eran cilíndricas (su eje era paralelo al de laminación) de 11,4 mm de altura y 7,6 mm de diámetro. Con estas dimensiones se conseguía minimizar los prácticamente inevitables problemas de abarrilamiento y pandeo. Como se puede ver en figura 1, las probetas se austenizaban durante 5 min. a 1.200 °C (la velocidad de calentamiento fue de aproximadamente 1 °C/s) y entonces

Acero	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%V	%Al	%Ti	N_{ppm}
V	0,34	1,52	0,72	0,025	0,025	0,083	0,0145	0,018	0,0114

Tabla 1. Composición química del acero estudiado (% en peso).

se enfriaban hasta la temperatura de ensayo a una velocidad de enfriamiento de 2 °C/s aproximadamente. Acabado el ensayo las probetas eran templadas tan rápido como se podía para el posterior análisis del tamaño de grano.

El examen de las microestructuras y la determinación del tamaño de grano austenítico se efectuó mediante microscopía óptica y análisis de imagen sobre probetas templadas en agua una vez acabado el ensayo. Tras desbaste y pulido las muestras se sometieron a ataque químico para revelar los bordes de grano austenítico. Debe notarse que la microestructura inicial es idéntica para todas las probetas ensayadas (tamaño de grano, fracción de volumen de precipitados).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Curvas de fluencia

En la figura 1 se representan las curvas de tensión verdadera - deformación verdadera en función de la temperatura y velocidad de deformación del acero estudiado. Las características principales de las curvas de fluencia son similares para todas las condiciones experimentales, y tienen la tendencia habitualmente observada en los materiales que sufren restauración dinámica (de aquí adelante DRV) y recristalización dinámica (de aquí adelante DRX): la tensión aumenta muy rápidamente (endurecimiento por deformación del material) hasta alcanzar un máximo después del cual la tensión se mantiene o decrece de manera monótona o con oscilaciones. En algunas situaciones (a $\dot{\varepsilon}$ altas y T bajas) apenas se apreció ablandamiento posterior a la tensión máxima, poniéndose de relieve que el único mecanismo de ablandamiento actuante entonces era la DRV. Por otra parte, se observó que, a T constante, la tensión máxima, σ_p, y su deformación asociada, ε_p, aumentaban con $\dot{\varepsilon}$. También se constató que σ_p y ε_p disminuyen cuando T aumenta y $\dot{\varepsilon}$ se mantiene constante. En otras palabras, y por lo que a las características mecánicas se refiere, el efecto de disminuir T es equivalente al de aumentar $\dot{\varepsilon}$ en un cierto rango de temperaturas [20,21]. Debe notarse, también, que a medida que va aumentando la temperatura las curvas de fluencia se hacen más sensibles a la velocidad de deformación.

Con objeto de estudiar el efecto de la temperatura y de la velocidad de deformación sobre la tensión de fluencia, se representaron las variaciones de la tensión de fluencia con $\dot{\varepsilon}$ a varias temperaturas y a deformaciones de 0,2 y 0,6 tal como se indica en la figura 2. Se observa que a temperaturas bajas el comportamiento a fluencia del acero estudiado es cada vez más difícil, produciendo valores de ten-

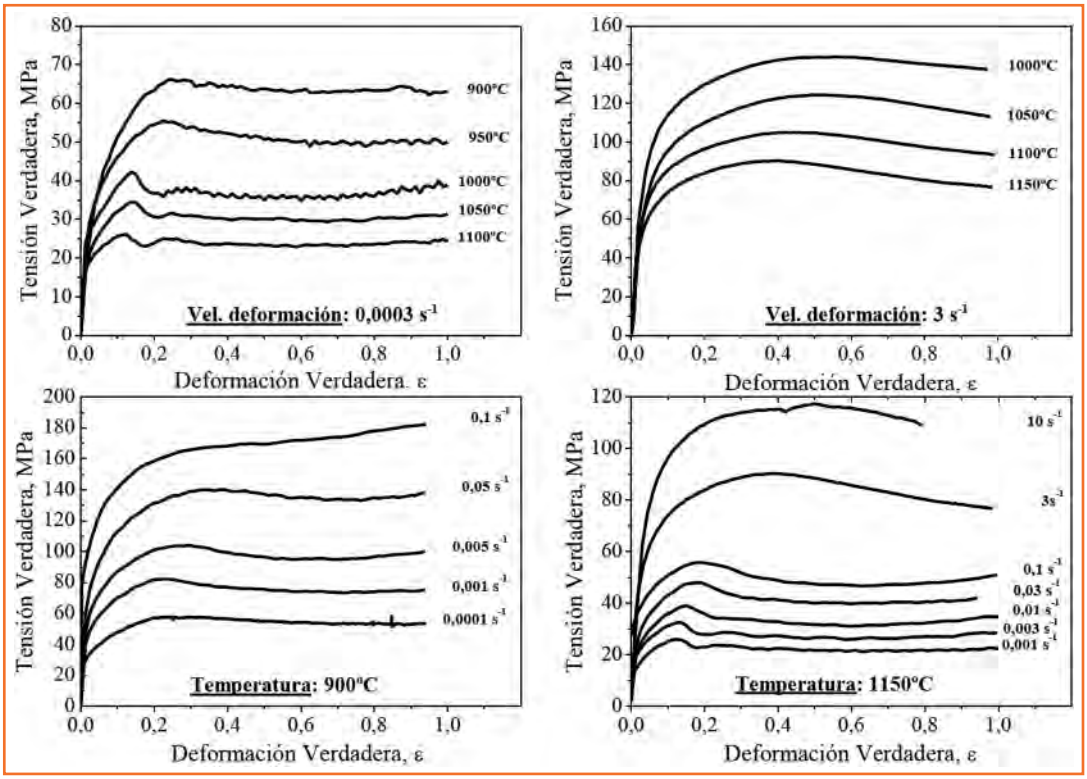


Fig.1. Curvas de fluencia del acero estudiado a varias T y $\dot{\varepsilon}$.

sión muy altos. Este efecto se atribuye a que el comportamiento a fluencia del acero estudiado muestra una alta sensibilidad a la temperatura a temperaturas donde la difusión es lenta, y una baja sensibilidad cuando la difusión contribuye al conformado en caliente. En cuanto al efecto de la velocidad de deformación sobre la tensión de fluencia, puede apreciarse un progresivo aumento de la tensión de fluencia con la velocidad de deformación para temperaturas entre 900 y 1.150 °C. Esta evolución puede interpretarse en términos de la velocidad de generación de dislocaciones [22]; la velocidad de endurecimiento por deformación en el acero estudiado aumenta con la velocidad de deformación desde 10^{-4} s^{-1} a 10 s^{-1}.

Para determinar el parámetro de sensibilidad a la velocidad de deformación, m, del material estudiado las curvas log (σ) frente a log ($\dot{\varepsilon}$) se ajustaron a una ecuación polinomial, y el parámetro m se determinó a partir de la pendiente de las curvas, a varias deformaciones, en cada punto (ver Fig. 2) [14,15,17]. La variación de m con T y $\dot{\varepsilon}$ se representa como mapas de contorno de iso-m. Los mapas obtenidos a deformaciones de 0,2 y 0,6 se muestran en la figura 3. La interpretación de estos mapas se basa en el hecho de que el material presenta algún tipo de inetabilidad plástica cuando el parámetro m toma valores negativos [23]; además, es ampliamente reconocido que altos valores de m reducen la posibilidad de aparición de la localización de fluencia y conducen a un máximo de ductilidad en el material. El parámetro m varía notablemente con la deformación, esto quiere decir que la deformación afecta sensiblemente al proceso de conformado, lo cual es lógico, ya que diferentes mecanismos de deformación actúan a distintas combinaciones de T y $\dot{\varepsilon}$. A temperaturas superiores a 950 °C, m aumenta con T y disminuye con $\dot{\varepsilon}$ a bajas deformaciones (ε = 0,2). Sin embargo, a altas deformaciones, el material se hace menos sensible a las variaciones de T y $\dot{\varepsilon}$.

El mapa de sensibilidad a la velocidad de deformación correspondiente a la deformación de 0,2, exhibe dos dominios interesantes. El primero caracterizado por un máximo de sensibilidad a la velocidad de deformación de aproximadamente 0,23 produciéndose a 1.025 °C y 10^{-4} s^{-1}. La observación de las curvas de fluencia (Fig. 1) muestra que a ε = 0,2 sólo tiene lugar la recristalización dinámica cíclica (de

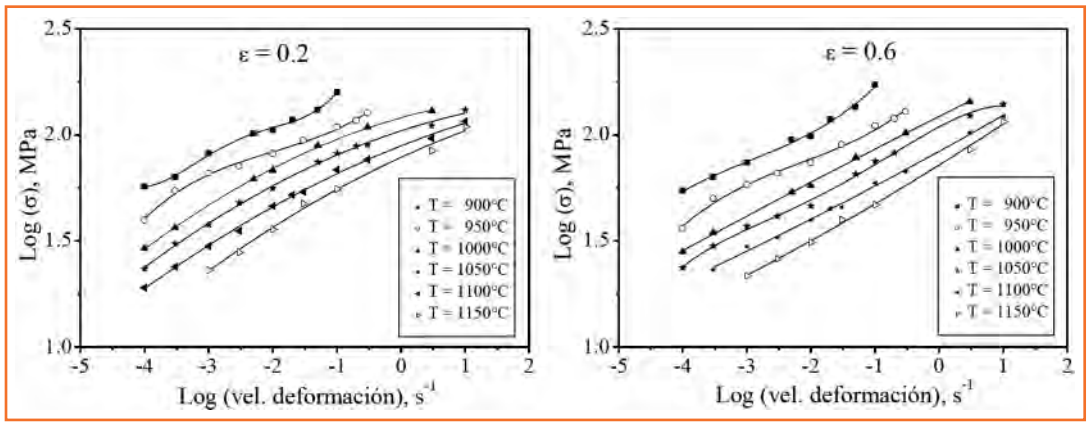


Fig. 2. Evolución de la tensión de fluencia con $\dot{\varepsilon}$ a ε = 0,2 y ε = 0,6.

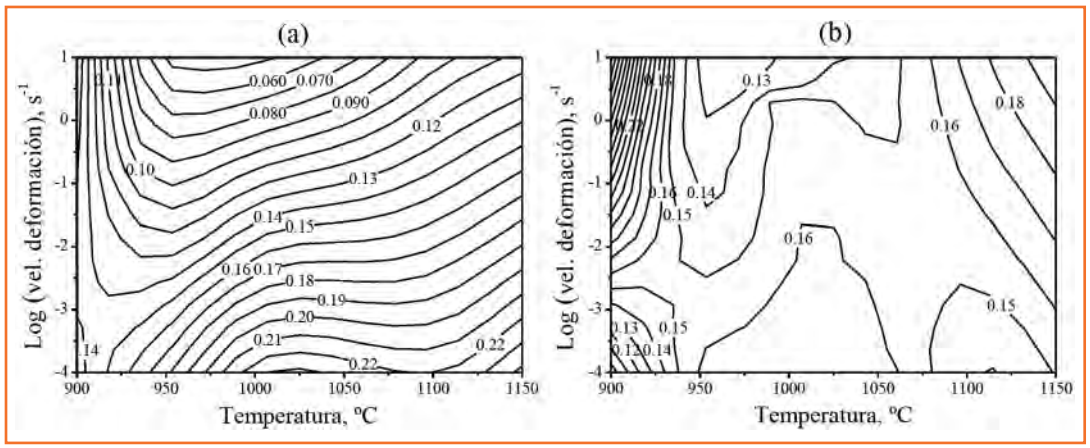


Fig. 3. Mapas de contorno del parámetro m a deformaciones de (a) ε = 0,2 y (b) ε = 0,6.

aquí adelante CDRX) cuando la deformación se efectúa a $\dot{\varepsilon}$ bajas y T altas. Esta interpretación se confirma por el crecimiento de grano observado en este dominio respecto al tamaño inicial [14,15,17,24], y es bien conocido y aceptado que la CDRX está asociada a tal crecimiento [20-22].

En el segundo dominio, centrado en 975 °C y 10 s^{-1}, la sensibilidad a la velocidad de deformación alcanza sus valores más bajos (aproximadamente 0,05). Ello supondría que este dominio, debido a los bajos valores de m, puede representar la tendencia que tiene el material estudiado a desarrollar alguna manifestación de inestabilidad de fluencia y baja conformabilidad (grietas, bandas de cizalladura, etc.) [25-28]. Es importante hacer notar que este mismo dominio adquiere altos valores de m en el mapa correspondiente a la deformación de 0,6.

A ε = 0,6, que es aproximadamente la deformación correspondiente a fluencia de estado estable, el mapa del parámetro m cambia su aspecto. El análisis de este mapa sugiere que los dominios donde m alcanza sus valores máximos corresponde a dominios de DRX de pico simple y DRV tal como se había detectado en los mapas de disipación de energía desarrollados en los trabajos de Al Omar y al. [8,14,15,17]. En consecuencia, el primer dominio de conformabilidad óptima, correspondiente al dominio de DRV, se encuentra extendido sobre el rango de temperaturas de 900 a 950 °C y el rango de velocidades de deformación de 0,003 a 10 s^{-1} con un valor máximo de m de aproximadamente 0,30. El segundo dominio de conformabilidad óptima, correspondiente al dominio de DRX, centrado en 1.150 °C y 10 s^{-1} con un valor de m de aproximadamente 0,20. Esta interpretación se confirma mediante el análisis de los mapas de contorno iso-tamaño de grano recristalizado y los mapas de contorno representando las variaciones del grado de ablandamiento, en función de la temperatura y velocidad de deformación dados en los trabajos de estos mismos recién citados autores [8,14,15,17].

3.2. Mapas de Inestabilidad Plástica

Para construir los mapas de inestabilidad plástica del acero estudiado se han utilizado criterios termodinámicos continuos y criterios fenomenológicos.

3.2.1. Criterios termodinámicos continuos

En la metodología desarrollada por Prasad y col. [29,30], la pieza conformada a alta temperatura se considera como la única parte de todo el sistema del proceso capaz de disipar energía, y su ecuación constitutiva es una relación analítica que describe la variación de la tensión de fluencia con los parámetros de deformación; es decir temperatura y velocidad de deformación. Esta ecuación es una característica intrínseca del material de la pieza conformada y describe la manera en que la energía se convierte en cualquier instante, usualmente, en energía térmica y microestructural no recuperable por el material. Por consiguiente, la deformación en caliente se modela manejando varios procesos termodinámicos irreversibles controlados por la velocidad de energía aportada y la posterior disipación de esta energía mediante los procesos metalúrgicos dinámicos.

Para predecir los dominios de inestabilidades plásticas en procesos de conformado, Prasad [29,30] y Kumar [31] desarrollaron un criterio basado en el modelo dinámico de materiales y en los principios de la mecánica de los medios continuos, aplicados a procesos de fluencia plástica en grandes deformaciones propuestos por Ziegler [32]. El parámetro de inestabilidad ξ_p ($\dot{\varepsilon}$,T) (la letra P hace referencia a Prasad) expresa la condición de aparición de inestabilidad plástica y viene dado por la ecuación siguiente:

$$\xi_p(\dot{\varepsilon},T) = \frac{\partial \ln\left(\frac{m}{m+1}\right)}{\partial \ln \dot{\varepsilon}} + m < 0 \qquad (1)$$

Por lo tanto, la variación de ξ_p ($\dot{\varepsilon}$,T) con la temperatura y la velocidad de deformación constituye el mapa de inestabilidad que delinea las regiones de inestabilidad, donde el parámetro ξ_p ($\dot{\varepsilon}$,T) toma valores negativos y serán por tanto zonas a evitar en el proceso de conformado.

Los mapas de inestabilidad, del acero estudiado en este trabajo, construidos en base al criterio dado en la ecuación (1), a deformaciones de 0,2 y 0,6, se muestran en la figura 4. Estos mapas indican que las regiones donde se predice la aparición de los procesos de DRV y DRX son las regiones más estables y el parámetro ξ_p ($\dot{\varepsilon}$,T) toma valores positivos y alcanza sus valores máximos, lo cual es consistente con que tales regiones son las más seguras de los mapas de procesado.

En el mapa de inestabilidad correspondiente a ε = 0,2 exhibe un dominio con valores negativos centrado en 1.000 °C y 10 s^{-1}. Este resultado parece indicar que el dominio en cuestión representa zonas de baja conformabilidad debido a la aparición de inestabilidades plásticas [33-35]. Este eventual dominio

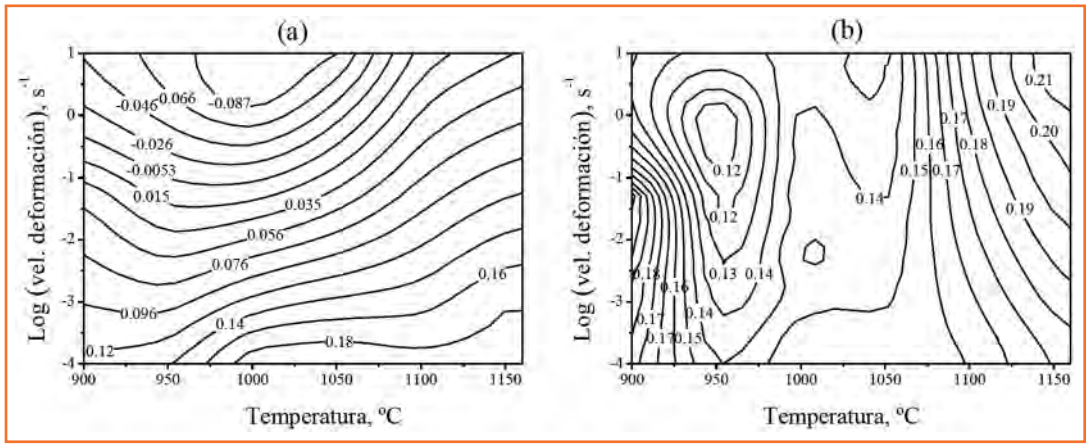


Fig. 4. Mapas de contorno del parámetro ξ_p ($\dot{\varepsilon}$,T) a deformaciones de (a) ε = 0,2 y (b) ε = 0,6.

de inestabilidad plástica coincide con el dominio previsto en los mapas de contorno del parámetro m (Fig. 3 (a)). Sin embargo, puesto que las observaciones microestructurales mediante microscopía óptica y electrónica de barrido [14] no evidenciaron ninguna inestabilidad plástica, puede argumentarse que la inestabilidad que predicen estos mapas se debe al efecto térmico o calentamiento adiabático, el cual no fue corregido en las curvas experimentales. También, cabría pensar en la posibilidad de que la supuesta manifestación de inestablidad no es lo suficientemente intensa, como para mantenerse durante un cierto tiempo debido a la relativamente baja deformación impuesta (ε = 0,2). No obstante, dicha manifestación no puede atribuirse a la aparición de bandas de cizalladura, ya que al recristalizarse el material estudiado se producen cambios estructurales que hacen desaparecer a estas bandas. A altas deformaciones (Fig. 4 (b)), este dominio se ha movido y se ha se ha centrado en 955 ºC y 0,5 s^{-1}, pero ahora teniendo valores positivos de ξ_p ($\dot{\varepsilon}$,T). Como se ha interpretado en el mapa de sensibilidad a la velocidad de deformación de la Fig. 3 (b), este dominio es para evitar a la hora de conformar en caliente el material objeto de este estudio, debido a su baja conformabilidad.

Para desarrollar su criterio inestabilidad, Prasad ha asumido que la respuesta dinámica de un material sometido a condiciones de conformado en caliente puede ser representada mediante una ley potencial m $\sigma = K\dot{\varepsilon}^m$ donde el parámetro m es independiente de $\dot{\varepsilon}$. Narayana, en sus intentos de reanalizar los fundamentos científicos de los criterios de inestabilidad de Prasad, considera que para describir el comportamiento a fluencia de materiales no se puede utilizar, indiscriminadamente, la ley constitutiva potencial, tanto en dominios de bajas como de altas tensiones.

Es bien conocido que la ley constitutiva potencial es válida, únicamente, en el análisis de las tensiones de estado estable en condiciones de conformado a bajos valores de tensiones. Por ello, Narayana ha propuesto otra metodología basada en la obtención directa del criterio de inestabilidad a través de una integración numérica, a cualquier tensión de fluencia (para detalles adicionales de la metodología véase las referencias [7-9]). Así, el nuevo parámetro de inestabilidad plástica ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) (la letra N hace referencia a Narayana) se expresa de la forma siguiente:

$$(2)\ \xi_N(\dot{\varepsilon},T) = \frac{2m}{\eta} - 1 < 0$$

donde η es la eficiencia de disipación de energía durante un proceso de conformado y definida, según Narayana, como:

$$\eta = 2\left[1 - \frac{1}{\sigma\,\dot{\varepsilon}}\left(\left(\frac{\sigma\,\dot{\varepsilon}}{m+1}\right)_{\dot{\varepsilon}=\dot{\varepsilon}_{min}} + \int_{\dot{\varepsilon}_{min}}^{\dot{\varepsilon}} \sigma\, d\dot{\varepsilon}\right)\right] \quad (3)$$

$\dot{\varepsilon}_{min}$ representa el valor más bajo de la velocidad de deformación usado en los ensayos de conformado.

En la figura 5 se han representado para las deformaciones ε = 0,2 y ε = 0,6 los mapas de inestabilidad obtenidas en base al criterio de inestabilidad establecido en la ecuación (2). Los números de los contornos indican los valores del parámetro de inestabilidad ξ_p ($\dot{\varepsilon}$,T). Tal como puede observarse, las características generales de los dos mapas varían considerablemente con la deformación, y a medida que aumenta van apareciendo nuevos dominios.

El mapa de inestabilidad del parámetro ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) a ε = 0,2 puede dividirse en tres dominios. El primer dominio está centrado en 900 ºC y 10^{-4} s^{-1} con un valor máximo de ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) de aproximadamente 0,5. Las

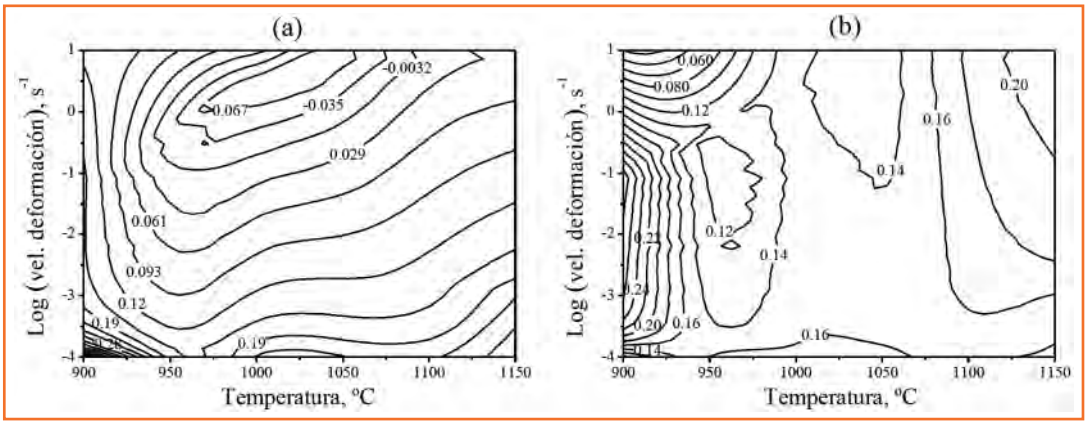


Fig. 5. Mapas de contorno del parámetro ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) a deformaciones de (a) ε = 0,2 y (b) ε = 0,6.

curvas de fluencia obtenidas con diferentes combinaciones de T y $\dot{\varepsilon}$ en este dominio, muestran claramente que el único mecanismo que puede tener lugar a esta deformación es la DRV. El segundo dominio, centrado en 1.025 °C y 10^{-4} s^{-1} con un pico del parámetro ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) de 0,2 puede interpretarse, al igual que en el mapa del parámetro m a ε = 0,2, como un dominio representativo de la CDRX. El tercer dominio, centrado en 1.025°C y 3 s^{-1}, es un dominio caracterizado por valores negativos de ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) y puede identificarse con los dominios de inestabilidad previstos en las Figs. 3 (a) y 4 (a). En general existe un buen acuerdo entre los dominios de los tres mapas (Figs. 3a, 4a y 5a), y la diferencia observada en la posición del dominio se debe principalmente a los métodos de cálculo de los distintos parámetros; m, ξ_p ($\dot{\varepsilon}$,T) y ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T).

A altas deformaciones (ε = 0,6) el mapa de contorno de ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) exhibe un nuevo dominio centrado en 1.150 °C y 10 s^{-1} con un valor de ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) de aproximadamente 0,2. Este dominio puede atribuirse fácilmente a la DRX de pico simple observado en los mapas de las Figs. 3 (b) y 4 (b) y situado en la misma posición. El dominio de la DRV observado en el mapa correspondiente a ε = 0,2 se ha movido hacia moderadas velocidades de deformación (centrado en 900 °C y 10^{-2} s^{-1}). También, este dominio coincide con el dominio de la DRV identificado en los mapas de las Figs. 3 (b) y 4 (b) con una pequeña diferencia en la posición del dominio en cada mapa. El dominio con valores negativos de ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) ha desaparecido completamente, y el valor mínimo de ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) observado en la fig. 5 (b) es 0,05 que aparece a 910 °C y 10 s^{-1}. Para asegurar que el proceso de conformado en caliente pueda llevarse a cabo con total seguridad, este dominio caracterizado por valores mínimos de ξ_N ($\dot{\varepsilon}$,T) debe evitarse durante el conformado del material estudiado.

A pesar de las diferencias existentes en los métodos de cálculo utilizados para establecer los criterios de inestabilidad, la comparación entre los mapas obtenidos pone de manifiesto el buen acuerdo que existe entre los resultados. El principal dominio de estabilidad, correspondiente a las condiciones óptimas de conformado, se ha observado a altas temperaturas y altas velocidades de deformación (dominio de la DRX). El segundo dominio estable correspondiente a la DRV se ha detectado en la zona extendida de moderadas hacia altas $\dot{\varepsilon}$ y T = 900 °C. Para validar microestructuralmente las interpretaciones realizadas en el presente trabajo, sería interesante llevar a cabo un estudio más exhaustivo de la microestructura del acero estudiado, especialmente estudios mediante la microscopía electrónica de transmisión y microscopía electrónica de barrido, para ver si es posible identificar alguna inestabilidad plástica. No cabe olvidar que las probetas fueron deformadas hasta la deformación ε = 1 y una vez acabado el ensayo se templaron en agua para congelar la microestructura. Lo ideal sería templar las probetas a diferentes deformaciones del proceso de conformado para poder seguir la evolución microestructural, lo que no fue posible en este trabajo, por lo que no se hizo un examen microestructural de las probetas a deformación 0,2 y 0,6, sino a deformación ε = 1.

3.2.2. Criterio fenomenológico

Es bien sabido que la localización de la fluencia es uno de los mecanismos de daño más importantes que pueden limitar la conformabilidad intrínseca de los materiales. Semiatin y Lahoti [36,37] correlacionaron la aparición de esta inestabilidad plástica con las propiedades del material a través del parámetro de localización de la fluencia α definido como:

$$\alpha = \frac{\gamma - 1}{m} \quad (4)$$

donde γ es el coeficiente de endurecimiento:

$$\gamma = \frac{1}{\sigma}\frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon} \quad (5)$$

En ensayos de compresión, la fluencia localizada se produce cuando $\varepsilon > 0$; esto corresponde a materiales que exhiben coeficientes de endurecimiento $\gamma > 1$, es decir, un ablandamiento por fluencia bastante importante (como σ y ε son ambas negativas en compresión). Cuando $\gamma = 1$, la velocidad de ablandamiento por fluencia sólo se compensa por el endurecimiento geométrico o por incremento de área. Así, $\gamma > 1$ es necesaria para permitir el desarrollo de una fluencia inestable. Generalmente, los materiales que se endurecen por deformación, o bien los que presentan un ablandamiento por fluencia mínimo, resisten apreciablemente las concentraciones de deformación (i.e. tienen muy bajas velocidades de localización de la fluencia) siempre y cuando la sensibilidad a la velocidad de deformación sea suficientemente alta ($\geq 0{,}2$).

Varios trabajos de investigación [25,36-40], en base a observaciones microestructurales, verificaron que, en procesos de conformado en caliente, las aleaciones de Ti exhiben una localización de la fluencia significativa cuando $\varepsilon \geq 5$. Así, el criterio de inestabilidad plástica, basado en conceptos de localización de la fluencia de Semaitin Lahoti, en procesos de conformado en caliente puede expresarse de la siguiente manera:

$$\xi_S = 1 - \frac{\alpha}{5} < 0 \quad (6)$$

Los mapas de inestabilidad construidos en base al criterio fenomenológico desarrollado por Semaitin y Lahoti y a la variación del al parámetro ξ_S ($\dot{\varepsilon}$,T) (la letra S hace referencia a Semiatin), obtenido a partir de la ecuación (6), se muestran la figura 6 para las deformaciones $\varepsilon = 0{,}2$ y $\varepsilon = 0{,}6$. De acuerdo con el criterio fenomenológico, en procesos de conformado en caliente los materiales exhiben una localización de la fluencia significativa, cuando los dominios de los mapas del parámetro ξ_S ($\dot{\varepsilon}$,T) toman valores negativos. Puede observarse en la Fig. 6 (a) la fluencia estable aparece en la zona centrada en 980 °C y 10 s^{-1}, mientras que la zona de la fluencia inestable está centrada en 1.065 °C y 10^{-4} s^{-1} con un valor mínimo de ξ_S ($\dot{\varepsilon}$,T) de aproximadamente -3,3. Estos resultados contradicen los encontrados en las Figs. 3 (a), 4 (a) y 5 (a).

A $\varepsilon = 0{,}6$, el mapa de inestabilidad exhibe dos dominios de fluencia estable: el primero extendido sobre el rango de temperaturas de 900 a 1.125 °C y sobre el rango de velocidades de deformación de 10^{-2} a 10 s^{-1} con un valor máximo de ξ_S ($\dot{\varepsilon}$,T) de aproximadamente 12,2 (Fig. 6 (b)). El segundo dominio se divide en dos pequeños dominios centrados en (1.000 °C, 10-4 s-1) y (1.050 °C, 10^{-4} s^{-1}), respectivamente (véase Fig. 6 (b)). Estos dos dominios pueden asociarse con la CDRX de acuerdo con las curvas de fluencia obtenidas con diferentes combinaciones de T y $\dot{\varepsilon}$ en estos dos dominios.

Para el material estudiado en este trabajo, parece ser que el criterio fenomenológico de inestabilidad no proporciona suficiente información para predecir los cambios microestructurales susceptibles de producirse durante el proceso de conformado en caliente. Además, el carácter empírico de este criterio hace difícil la interpretación de sus mapas de inestabilidad. Cabe señalar que el valor constante de 5 expresado en la ecuación (6) se ha utilizado para detectar la localización de la fluencia durante la deformación en caliente del titanio y sus aleaciones

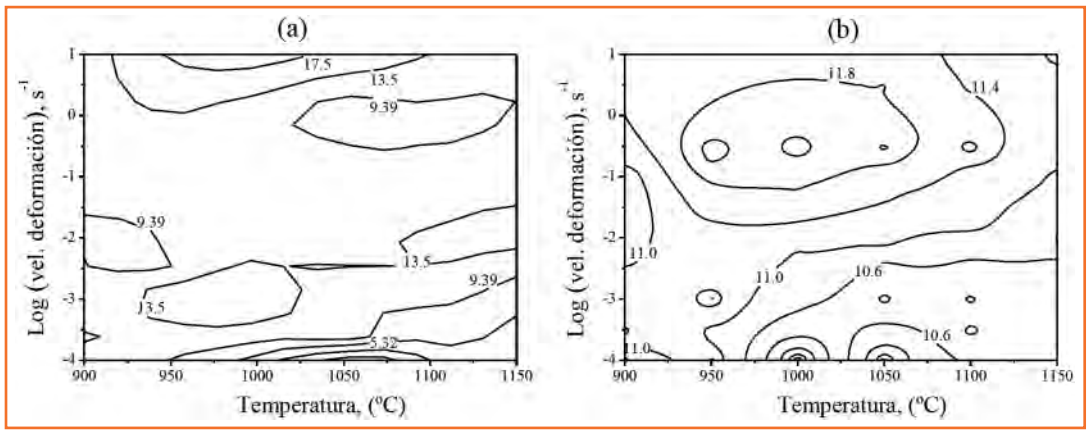


Figura 6. Mapas de contorno del parámetro ξ_S ($\dot{\varepsilon}$,T) a deformaciones de (a) $\varepsilon = 0{,}2$ y (b) $\varepsilon = 0{,}6$.

[25,36,37]. Para otros materiales, este valor constante puede ser diferente, y su validez debe ser comprobada por estudios microestructurales exhaustivos.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se han utilizado criterios continuos y fenomenológicos para caracterizar la inestabilidad plástica en un acero microaleado de medio del carbono. Del análisis de los resultados obtenidos, las principales conclusiones que se deducen son:

1. Se ha confirmado que el acero estudiado, no exhibe ningún tipo de manifestación de la inestabilidad plástica durante su conformado en caliente, llevado a cabo en un rango de temperaturas de 900 ºC a 1.150 ºC y a diferentes velocidades de deformación que van desde 10^{-4} a 10 s^{-1}.
2. A pesar de la pequeña diferencia encontrada en la posición de los dominios estables, se ha observado un buen acuerdo entre los diferentes mapas de inestabilidad construidos en base a los criterios continuos.
3. Todos los mapas de inestabilidad correspondientes a la deformación $\varepsilon = 0{,}6$ muestran un dominio de DRX, que puede ser considerado como el dominio más "seguro" para el conformado en caliente. Este dominio está centrado a 1.150 ° C y 10 s^{-1}. Además, estos mapas han revelado la existencia de un dominio de DRV a bajas temperaturas y moderada velocidad de deformación.
4. El dominio de la DRX es muy importante en la optimización de la conformabilidad intrínseca, puesto que reconstituye la microestructura mediante formación y migración de los límites de grano. En consecuencia, este dominio pondrá los límites para el control de los parámetros del proceso de conformado.
5. Para incrementar la productividad, en condiciones industriales, las primeras operaciones de conformado en caliente deben realizarse con una temperatura del orden de 1.150 ºC y con una velocidad de deformación de 10 s^{-1} (dominio DRX), mientras que las últimas operaciones deben efectuarse en el dominio DRV (centrado a 900 ° C y 0,1 s^{-1}). De esta manera, se obtiene una microestructura con un tamaño de grano fino, lo cual mejora considerablemente las propiedades mecánicas del acero estudiado, sobre todo la tenacidad.
6. En comparación con el criterio fenomenológico, los criterios termodinámicos continuos predicen con mayor exactitud los cambios microestructurales, y son más eficientes para optimizar los parámetros de control del proceso de conformado en caliente del acero estudiado.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores I. Alcelay y A. Al Omar desean agradecer a la CICYT (España) la financiación económica a través del proyecto DPI2010-15446.

6. REFERENCIAS

[1] T. Gladman, Ironmaking Steelmaking, 16 (1989) 241.

[2] F.B. Pickering, Physical metallurgy and the design of steels, Cap. 4, Ed. Applied Science Publishers, Essex, 1978.

[3] W.C. Leslie, The physical metallurgy of steels, Cap. 6, Ed. McGraw Hill, Tokyo, Japón, 1982.

[4] C.A. Hernández, S. F. Medina, J. E. Mancilla y V. Blázquez, Rev. Metal. Madrid, 28 (1992) 369.

[5] S. F. Medina y J. E. Mancilla, ISIJ Int., 36 (1996) 1063.

[6] J. Castellanos, V. Gutiérrez, I. Rieiro, O. A. Ruano y M. Carsí, Rev. Metal. Madrid 45 (2009) 70.

[7] A. Al Omar Y J.M. Prado, Rev. Metal. Madrid 46 (2010) 143.

[8] F. Bakkali El Hassani, A. Chenaoui, R. Dkiouak, L. Elbakkali Y A. Al Omar, J. Mater. Process. Technol. 199 (2008)140.

[9] S.V.S. Narayana Murty, B. Nageswara Rao Y B.P. Kash, Int. Mater. Rev. 45 (2000) 15.

[10] Y.V.R.K. Prasad Y T. Seshacharyulu, Int. Mater. Rev. 43 (1998) 243.

[11] J. Luo, M. Li, W. Yu Y H. Li, Mater. Sci. Eng. A 504 (2009) 90.

[12] S.V.S. Narayana Murty Y B. Nageswara Rao, J. Mater. Process. Technol. 14 (2000) 103.

[13] Y.V.R.K. Prasad Y S. Sasidhara, Hot Working Guide: A Compendium of Processing Maps, ASM International, Materials Park, Ohio, 1997.

[14] A. Al Omar, Tesis Doctoral, Univ. Politécnica de Cataluña, 1996.

[15] A. Al Omar, J.M. Cabrera Y J.M. Prado, Scr. Mater.34 (1996) 1303.

[16] A. Al Omar Y J.M. Prado, Rev. Metal. Madrid 33 (1997) 89.

[17] A. Al Omar, J.M. Cabrera Y J.M. Prado, Rev. Metal. Madrid 33 (1997) 153.

[18] I. Rieiro, A. Fernández, A. Martínez Y M. Carsí, Rev. Metal. Madrid 34 (1998) 355.

[19] I. Rieiro, M. Carsı Y O.A. Ruano, Materials Science and Technology 25 (2009) 995.

[20] T. Sakai Y J.J. Jonas, Acta Metall. 32 (1984) 189.

[21] M.J. Luton Y C.M. Sellars, Acta Metall. 17 (1969) 1033.

[22] H.J. McQueen Y J.J. Jonas, Treatise on Materials Science and Technology 6 Academic Press, 1975, pp. 393-493.

[23] F. Montheillet, J. J. Jonas Y K.W. Neale, Metall. Trans. A 27 (1996) 232.

[24] A. Al Omar, A. Chenaoui, R. Dkiouak, J.M. Cabrera Y J.M. Prado, Rev. Metal. Madrid 42 (2006) 103.

[25] S.L. Semiatin Y J.J. Jonas, Formability and Workability of Metals: Plastic Instability and Flow Localization, ASM, Metals Park, Ohio, 1984.

[26] S. I. Oh, S. L. Semiatin and J. J. Jonas, Metall. Trans. A 23 (1992) 963–975.

[27] E. Rauch, G. R. Canova, J. J. Jonas and S. L. Semiatin, Acta Metall. 33 (1985) 465-476.

[28] P. Dadras and J. F. Thomas, Jr., Res. Mechanica Letters 1 (1981) 97.

[29] Y.V.R.K. Prasad, H.L. Gegel, S.M. Doraivelu, J.C. Malas, J.T. Morgan, K.A. Lark Y D.R. Barker, Metall.Trans. A 15 (1984) 1883.

[30] Y.V.R.K. Prasad, Ind. J. Technol. 28 (1990) 435.

[31] A.K.S. Kalyan Kumar, MS Thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, 1987.

[32] H. Ziegler, "Thermomechanics", 2nd ed., Ámsterdam, Holanda, 1983.

[33] J.K. Chakravartty, R. Kapoor, S. Banerjee Y Y.V.R.K. Prasad, Mater. J. Nucl. Mater. 362 (2007) 75.

[34] Y.V.R.K. Prasad Y K.P. Rao, Mater. Sci. Eng. A 391 (2005) 141.

[35] P.V. Sivaprasad, S.L. Mannan Y Y.V.R.K. Prasad, Mater. Sci. Technol. 20 (2004) 1545.

[36] S.L. Semiatin Y G. D. Lahoti. Metall. Trans. A 12 (1981) 1705.

[37] S.L. Semiatin Y G.D. Lahoti. Metall. Trans. A 13 (1982) 275.

[38] A.R. Salehi, S. Serajzadeh Y N. Yazdipour, Mater. Chem. Phys. 101(2007) 153.

[39] S. L. Semiatin, G.D. Lahoti, Y S. I. Oh, Material Behavior Under High Stress and Ultra high Loading Rates, 29th Sagamore Army Materials Research Conference Proceedings, Ed. J. Mescall Y V. Weiss, Plenum Press, Nueva York, EE.UU., 1982, pp. 119-159.

[40] J. J. Jonas, R. A. Holt Y C. E. Coleman, Acta Metall. 24 (1976) 911.

Ponencia presentada en el XIII Congreso Tratermat de Barcelona (Abril 2013). Publicada con la autorización expresa de la Dirección del Congreso y los autores.

CORED WIRE SALES AGENT WANTED

For the Spanish Foundry Market.
Do you hit the nail when it comes to sales?
If so, we would like to hear from you!

ODERMATH
STAHLWERKSTECHNIK GMBH

P.O. Box 10 05 56 • D-40769 Monheim am Rhein
Tel: +49 2173 595 221 • www.odermath.de • info@odermath.de

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

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

Contactar con pedeca@pedeca.es / Ref. 6

EMPLEO

Empresa introducida en el sector de fundición no férrica.

Busca representante
en el Pais Vasco, Navarra, Asturias y Galicia.

Se valorarán sus conocimientos y relaciones comerciales.

Interesados dirigirse directamente a pedeca@pedeca.es - REF.: 8

SILVIA BACCO

TRADUCCIONES: SECTOR FUNDICIÓN

INGLÉS-FRANCÉS-ESPAÑOL

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

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

SE VENDEN

3 HORNOS DE TEMPLE Y REVENIDO, Y 2 HORNOS DE REVENIDO MARCA BERCO-RIPOCHE, TIPO NVR 220 Y NVR 160, DIMENSIONES DE CARGA 1.400 X 1.400.

INTERESADOS CONTACTAR EN EL TLNO. 976 454136 ó MAIL JRRAMIREZ@ALUMALSA.COM PREGUNTAR POR SR. JOSÉ RAMÓN RAMÍREZ

JEFE DE ACERÍA

Se necesita para integrarse a empresa siderometalúrgica ubicada en Guayaquil, Ecuador.
El cargo implica la supervisión integral de la división acería compuesta de 2 hornos de inducción y máquina de colada continua horizontal para la producción de palanquillas de acero.
El candidato debe tener experiencia comprobada en operaciones similares, dotes de liderazgo, formación y conducción de equipos de trabajo, y sólidos conocimientos de planificación y control de producción.
Se ofrece remuneración y beneficios acordes con la responsabilidad.

Interesados enviar antecedentes (C.V.) a jefeaceria@talme.net

Ref. 9

COMPRO

Máquinas y materiales de fundición a las ceras o Zamak.

Toda España

Tels.: 629 373 422 - 914 603 040
E-mail: ansape0756@yahoo.es

Ingeniero Industrial

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

Contactar con pedeca@pedeca.es / Ref. 7

Especialistas en Tecnologías del Vacío

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

Oficina de Ventas y Servicio Técnico
Oficial en España
Oerlikon Leybold Vacuum Spain S.A.
T 93 666 43 11 • F 93 666 43 70
info.vacuum.ba@oerlikon.com
www.oerlikon.com/leyboldvacuum

oerlikon
leybold vacuum

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

SECO/WARWICK
Heat Processing Equipment

SECO/WARWICK EUROPE Sp. z o.o.
ul. Świerczewskiego 76
66-200 Świebodzin
tel.: 683819800
fax: 683819805
europe@secowarwick.com.pl
www.secowarwick.com

vacuum furnace ◦ atmosphere furnace ◦ aluminium process
vacuum metallurgy ◦ controlled atmosphere brazing
special furnaces ◦ spare parts ◦ repairs ◦ modernizations

innovation · performance · reliability

Pometon

Líder en fabricación y desarrollo de granallas y polvos metálicos

Pometon España, SAU
Dr. Bergós s/n
08291 Ripollet (Barcelona) • SPAIN
Tel.: (+34) 935 863 629
Fax: (+34) 936 917 234
info@pometon.net
www.pometon.net

Fabricamos:

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

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

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.*

INFAIMON
SU ASESOR EN VISIÓN ARTIFICIAL

| www.infaimon.com | infaimon@infaimon.com

Metall Technologie Holding

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 – ESPANA
TEL : 94.426.25.22 FAX: 94.426.22.62
info@aplitec-tt.com ; www.aplitec-tt.com ; www.bmi-fours.com

APLITEC

DEGUISA

INGENIERÍA DE REFRACTARIOS Y COMBUSTIÓN

Compromiso y fiabilidad

www.deguisa.com

Emison

GRUPO EMISON

C/ Vallirana, 67 - 08006 Barcelona - Teléf.: 938 792 871
Internet: www.emison.com - e-mail: marc@emison.com

- Fabricantes de hornos desde 1957.
- Hornos para fundición.
- Hornos de mufla.
- Depuradoras de humos.
- Equipos especiales.
- Tratamiento térmico de metales.
- Hornos continuos con atmósfera controlada.
- Equipos de incineración.
- Hornos de temple.
- Hornos de soldadura.
- Hornos de revenido.
- Hornos de recocido.
- Hornos de pavonado.
- Hornos de sales.

Flexinox INDUSTRIAL

www.flexinox.com

ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA TRATAMIENTO TÉRMICO Y RECAMBIOS EN ACEROS REFRACTARIOS

TUBOS RADIANTES
MUFLAS
RETORTAS
UTILLAJES
CESTAS Y CRISOLES
CADENAS

REPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE HORNOS
(OBRAS REFRECTARIAS)

Representante para España de **AUBE-LINDBERG**

FILINOX, S.A.
C/ Sant Adrià, 76
08030 Barcelona

Tel.: 93 223 26 62
Fax: 93 223 26 67
customer@inoxidables.com

PYRO® CONTROLE
CHAUVIN ARNOUX GROUP

SSi SUPER SYSTEMS INC.

TKK EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., LTD.

HITECH INSTRUMENTS LTD

WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD.
주식회사 위너테크

- Sondas de oxígeno
- Analizadores de gases
- Pruebas de uniformidad de temp. AMS2750D, E y CQI9 r3
- Sondas de temperatura
- Videoregistradores
- Reguladores de temperatura
- Thyristores
- Resistencias CSi y MoSi2
- Automatización de hornos

ENTESIS
Galileu 313 baixos
08028 Barcelona
Telf: 934105454
Fax: 934199733
http://www.entesis.net
info@entesis.net

APLITEC

Utillaje tipo mecano, cestas, tubos radiantes
Fundición acero inoxidable refractario

CFC

CODELE SA

Utillaje forming

ECONOX SR

RD

APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L Apdo. 4052 - 48080 BILBAO - ESPANA
Tel: +34. 94.426.25.22 Fax:+34. 94.426.22.62 info@aplitec-tt.com www.aplitec-tt.com

tecno piro®

-temple -soldadura -recocido -sinterizado -revenido

HORNOS DEL VALLES, S.A.
Mancomunitat,3 08290 CERDANYOLA DEL VALLES
(Barcelona) T/ 93 692 66 12 Fax 93 580 08 27
hdv@tecnopiro.com tecnopiro.com

PROYCOTECME

HORNOS INDUSTRIALES PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN

Especialistas en Tratamiento Térmico

Pol. Ind. Can Castell
c/ Industria, 113 - Nave 1-K
08420 Canovelles (Barcelona) Spain

Teléf.: +34 938 467 984
Fax: +34 938 401 492
www.proycotecme.com

interbil

Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

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

www.interbil.es

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

Wheelabrator

Su Proveedor de soluciones en Tratamiento de Superficies

Maquinaria y consumibles para granallado, chorreado, shotpeening y acabado por vibración.

Gran Via de les Corts Catalanes 133, At.B, 08014 BARCELONA
Tel. +34 934211266 Fax. +34 934223137

wheelabrator
shaping industry

www.wheelabratorgroup.com • contact@wheelabratorgroup.es
Norican Group es la empresa matriz de DISA y Wheelabrator.

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

Nanoindentación

Medición de espesor de recubrimientos

Análisis de materiales

Inducción magnética

Corrientes de Foucault

Fluorescencia de rayos X

Coulombimetría

FISCHER INSTRUMENTS, S.A.
Almogàvers, 157 3º, 08018 BARCELONA
Tfno: 93 309 79 16 Fax: 93 485 05 94
www.helmut-fischer.com

fischer

Espesor de recubrimientos · Análisis de materiales · Microdureza · Ensayo de materiales

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

NAKAL®

heat treatment equipment

Furnaces for Gas Nitriding

Best technology
Best result

JSC Nakal - Industrial furnaces
Moscow region, Russia
Tel./Fax. +7 (495) 988-40-47, 988-40-48
nakal@nakal.ru www.nakal.ru

- Gran disponibilidad de modelos.
- Alta variedad de calidades.
- Piezas a medida según plano.
- Tubos radiantes.
- Rodillos.
- Parrillas.
- 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@telefonica.net

Hornos industriales para el tratamiento térmico

SOLO Switzerland

www.soloswiss.es

SOLO Swiss
CP 7127 - 2500 Bienne 7 - Suiza

mail@soloswiss.com
Tel. : +34 656 878 067

COMERCIAL SATEC
SOCIEDAD LIMITADA

COMERCIAL SATEC, S.L.
PA.E. ASUARAN Edificio Enekuri, nave 9
48950 ERANDIO (Bizkaia)
Tel:++34 944711663 - Fax:++34 944711741
info@comercial-satec.com - www.comercial-satec.com

Hornos Tratamiento Térmico de CIEFFE
Cámara, contínuos, de cinta, rodillo, solera móvil, empuje, vacío, fosa y campana, nitruración, lavadoras, generadores endogas, hornos especiales, líneas automáticas, para cementación, LPC, temple, revenido, nitruración, LPN, recocido, sinterizado, brazing, forja, aluminio, ...

Pinturas protectoras de NÜSSLE
Pinturas protectoras para cementación nitruración y oxidación CONDURSAL y CONDURON.

Aceites, Polímeros de BURGDORF y OSMIROL
Aceites y polímeros de temple de alto rendimiento. Antioxidantes, desengrasantes.

Repuestos y servicio para tratamiento térmico de HSH Härterei GmbH
Reparaciones, retrofits, muflas, sondas, cadenas, ventiladores, termopares, utillajes.

HÄRTETECHNIK BURGDORF OSMIROL NÜSSLE · CIEFFE · HSH HÄRTEREITECHNIK

Hornos industriales y estufas

Borel Swiss
Rouges-Terres 61 - 2068 Hauterive - Suiza

www.borel-hornos.com
email : mail@borel.eu
tel. : +34 656 878 067

Borel Special Furnaces Switzerland

testo 350

Instrumentos de medición portátiles, fabricados conforme el estándar ISO 9001, para los siguientes parámetros.

- Temperatura
- Humedad
- Velocidad
- Presión
- Calidad del aceite culinario
- **Productos de la combustión**
- Calidad del aire
- pH
- Luz/Sonido
- rpm

Instrumentos Testo, S.A.
Tel: 93 753 95 20
www.testo.es

Termopares especiales · calibraciones ENAC · automatización de procesos · Reguladores · Video-Registradores · pirometro infrarrojo · calibración hornos de vacio · experiencia · desde -200 a 2400ºC · Termopares · Suministro y Calibracion Industrial s.l. · sondas pt-100 · servicio técnico · instrumentación · calibración insitu · calibración TUS · cámara termografica · todo en temperatura · Indicadores · consultoría AMS-2750-D · calibración SAT · expertos en normativa aeronáutica

SCI www.sciempresa.com

Ribera de Axpe,11,d2,L203,48950 Erandio tel.944765276 sci@sciempresa.com

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

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

SPECTRO
Driven to Discover

Espectrómetros para analizar metales

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

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

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

www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 52
APLITEC 53
ARROLA 9
B.M.I. 53
BAUTERMIC 52
BOREL SWISS 55
COMECIAL SATEC 55
DEGUISA 53
EMISON 53
ENTESIS 53
FILINOX 53
FIMM PERÚ 5
FISCHER 54
GRUPO ARRIVELO 34
HEA 7
HORNOS DEL VALLÉS 53
HOT AICHELIN 52
INFAIMON 52
INSERTEC 55
INSTRUMENTOS TESTO 3
INTERBIL 54
LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS 27
METALMADRID . . . . . Contraportada 2
NAKAL 54
OERLIKON LEYBOLD VACUUM . . . 52
ONDARLAN 11
POMETON 52
PROYCOTECME 53
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 54
SAFE-CRONITE 15
SECO WARWICK . . . . . Contraportada 4
SOLO . . . . . PORTADA
SPECTRO 55
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN . . . 17
TECNYMAT 19
FERROFORMA 13
WHEELABRATOR 54

Próximo número

FEBRERO

Hornos de vacío, de campana, continuos, de temple y de revenido. Refractarios. Útiles para hornos. Gases especiales. Atmósferas. Quemadores. Medidas. Control no destructivo. Temperatura. Dureza. Aislamientos. Lubricantes. Fluidos. Medio ambiente.

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

¿Conoce nuestras revistas digitales?

Ventajas de las que puede beneficiarse:

- Anuncios enlazados con su web y redes sociales
- Búsquedas precisas por palabras
- Compartir artículos
- Disponible en su tablet, smartphone u ordenador
- Fácilmente descargable

Puede verlas en: www.pedeca.es/revistas

Solicítelas en: pedeca@pedeca.es

PEDECA Press Publicaciones

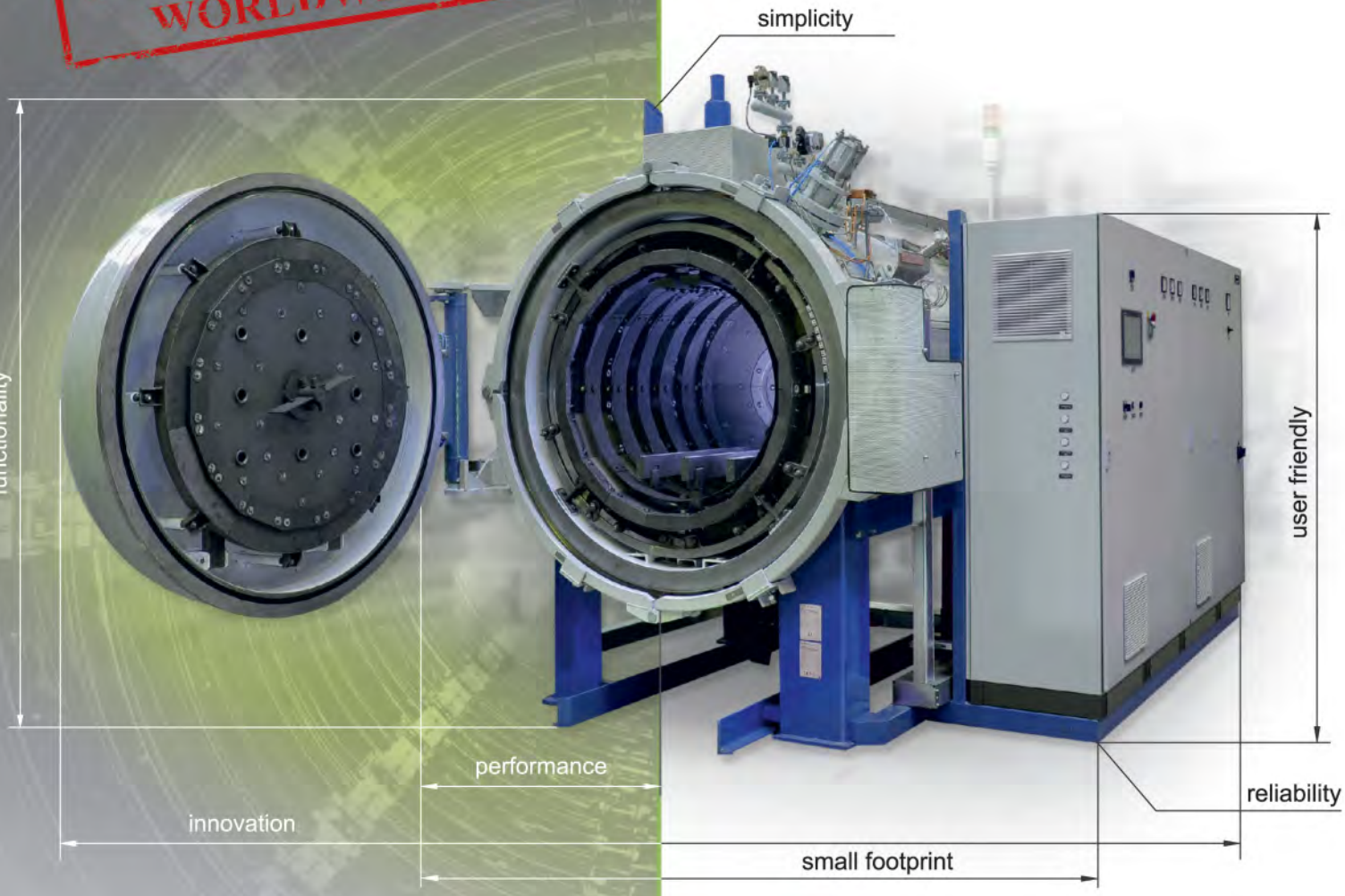
SOMOS SU MEDIO

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

Alto Rendimiento y Calidad a Bajo Coste

INDUSTRY PROVEN WORLDWIDE

Vector
vacuum furnace line



24/7 soporte técnico y tecnológico

HPGQ
Enfriamiento de gas de alta presión

FineCarb®
Cementación en baja presión (LPC)

PreNitLPC®
Alta temperatura LPC

FineLPN®
Nitruración a baja presión

SuperExpanite®
Nitruración y nitrocarburación de acero inoxidable

www.secowarwick.com
vacuum@secowarwick.com.pl

SECO/WARWICK