TRATER Press

NOVIEMBRE 2015 • Nº 49

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

insertec

Hornos y Refractarios

SOLUCIONES PARA EL Tratamiento Térmico

www.insertec.biz

Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.

Avda. Cervantes, 6 - 48970 BASAURI - Vizcaya, Spain

Tel.: + 34 944 409 420 • FAX: + 34 944 496 624

e-mail: insertec@insertec.biz

29 BIEMH

YOU MAKE IT BIG

SMART SOLUTIONS

BILBAO 30 MAYO 4 JUNIO 2016

Soluciones avanzadas y negocios inteligentes en una feria donde los expositores son los verdaderos protagonistas.

Colaboran / Colaboran

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO
EKONOMIAREN GARAPEN ETA LEHIAKORTASUN SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y COMPETITIVIDAD

AiMHE
ASOCIACIÓN DE IMPORTADORES DE MÁQUINA - HERRAMIENTA

Organizan / Organizan

AFM Advanced Manufacturing Technologies
www.afm.es

BEC! BILBAO EXHIBITION CENTRE
EXPOSSIBLE!
www.biemh.com

Nuestra Portada

Nuestro programa de fabricación incluye aplicaciones de tratamiento en:

- Metales Férricos y No Férricos.
- Trabajo en Continuo o Intermitente.
- Con o sin Atmósferas Protectoras.
- Con calentamiento Eléctrico o a Gas.

Tipos de Hornos para estas Aplicaciones y Procesos:

- Horno de Carro.
- Horno de Campana.
- Horno de Cámara.
- Máquina de Cargar.
- Horno de Cinta "Cast Link"
- Horno de Cinta de Malla.
- Horno de Pote.
- Horno de Tambor.
- Horno de Empuje.
- Horno de Solera de Rodillos.
- Horno con Tanque de Temple incorporado.
- Horno de Solera Giratoria.
- Horno de Retorta Rotativa.
- Estufas con recirculación.
- Equipos para Calentamiento.
- Horno de Vacío.
- Equipos Auxiliares.

Ingeniería y Servicios Técnicos, S.A.
Avda. Cervantes, 6 - Basauri, Vizcaya, Spain
Tel.: 34-944 409 420 / Fax: 34 - 944 496 624
www.insertec.biz
e.mail: insertec@insertec.biz

Sumario • Noviembre 2015 - Nº 49

Editorial 2

Noticias 4

Klüber Lubrication organizó "Industria BAKERY" • Hornos "TP" para procesos térmicos hasta 1.200 °C - Estufas "ECFAC" para calentamientos hasta 600 °C • Sistema exhaustivo de perfilado de temperatura • Lavado, desengrase y limpieza • Siemens construirá una fábrica de tranvías en Turquía • SPECTRO suministra el espectrómetro nº 40.000.

Artículos

- Las exportacioneos aeronáuticas andaluzas crecen un 18,6% en los primeros siete meses de 2015, hasta los 822 millones de euros 8
- Nuevo equipo para medida de temperaturas en tratamientos térmicos con temple en aceite - *Por Ernesto Guerra* 12
- Acreditación Nadcap. Ensayos mecánicos para el Sector Aeronáutico 14
- Tratamientos post-mecanizado para la mejora de la integridad mecánica de metales duros electroerosionados - *Por L. Llanes, B. Casas, Y. Torres y A Mestra* 16
- En 2015, MIDEST mejora sus animaciones 24
- Expertos nacionales en tratamientos térmicos de superficie presentan en O Porriño las últimas innovaciones del sector 26
- Algunas consideraciones sobre los aceros rápidos pulvimetalúrgicos y su tratamiento térmico (Parte II) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz* (†) 28
- THERMPROCESS 2015 en imágenes 36

EMPLEO 43

Guía de compras 44

Indice de Anunciantes 48

Síguenos en

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

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

ISSN: 1888-4423 - Depósito legal: M-53065-2007
Diseño y Maquetación: **José González Otero**
Creatividad: **DELEY**
Impresión: **Villena Artes Gráficas**

Redactor honorífico: José María Palacios

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

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

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

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

Queda prohibida la reproducción total o parcial de cualquier texto o artículo publicado en TRA-

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

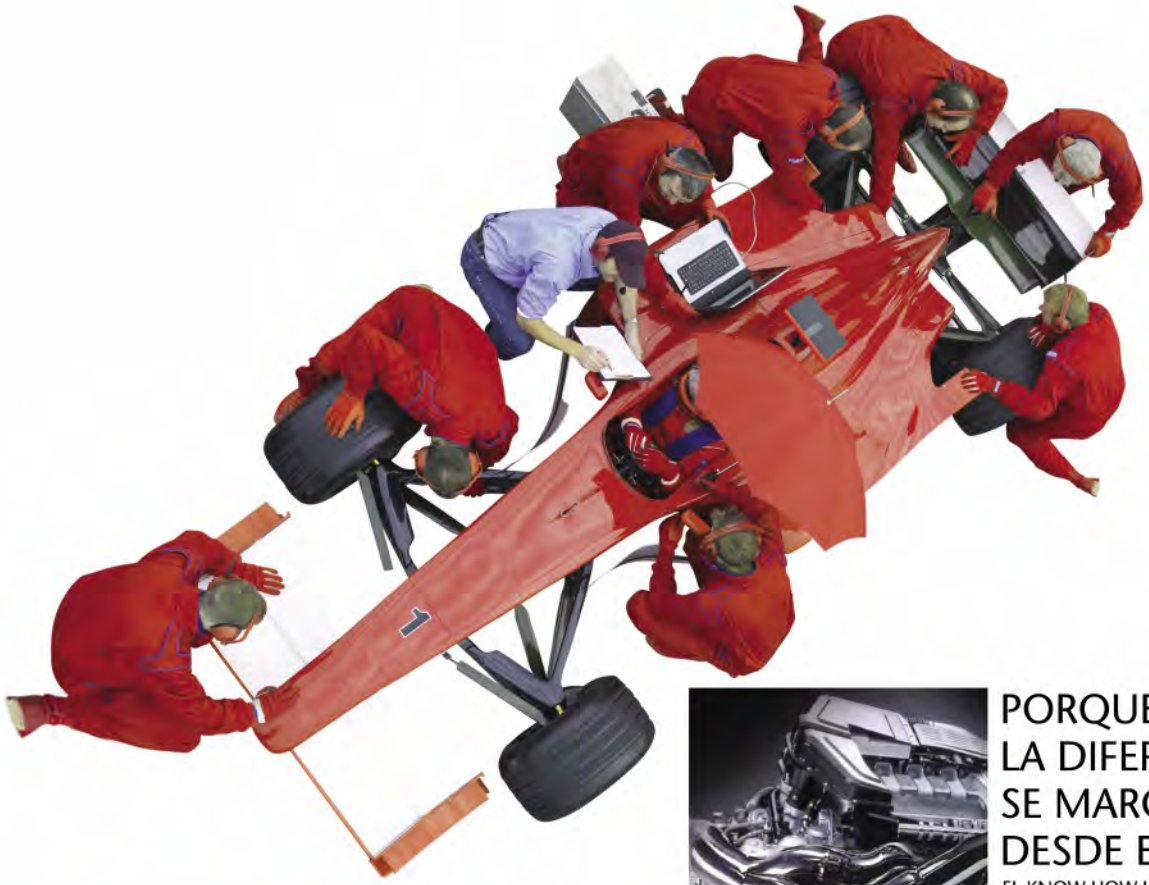
Según **CONFEMETAL**, el **Índice de Cifra de Negocios de la Industria del Metal (ICNMET)**, que mide la evolución de la demanda actual, acumula un incremento del 9 por ciento en lo que va de año, con tasas positivas en todas las ramas del Sector, destacando el 13,5 de aumento en la fabricación de automóviles.

En cuanto al **Índice de Entrada de Pedidos de la Industria del Metal (IEPMET)**, que mide la evolución de la demanda futura, acumula un avance del 12 por ciento en 2015, con incrementos en todos los segmentos.

Esos indicadores que elabora **CONFEMETAL**, permiten ser optimista respecto a la evolución futura de la producción en el Sector que, hasta septiembre acumula un crecimiento del 5 por ciento según el **Índice de Producción del Metal (IPIMET)**.

Con todo ello y sin que cese nuestro esfuerzo, conseguiremos seguir avanzando.

Antonio Pérez de Camino



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

Klüber Lubrication organizó "Industria BAKERY"

El pasado 30 de septiembre, Klüber Lubrication organizó su jornada Tech-day "Industria Bakery", en la planta de la compañía, localizada en Parets del Vallés (Barcelona).

El evento contó con la presencia activa de reconocidos expertos, como BUREAU VERITAS, quien informó sobre los cambios recientes y sustanciales en los estándares de calidad BRC, IFS, e ISO 22.000.

El objeto básico de dicha jornada era abordar los nuevos retos de salubridad marcados por los estándares de producción más reconocidos en la "Industria Bakery", además de intercambiar experiencias sobre la presencia de productos químicos en planta, como son los lubricantes, y analizar la minimización de los riesgos que representan de contaminación del fabricado.

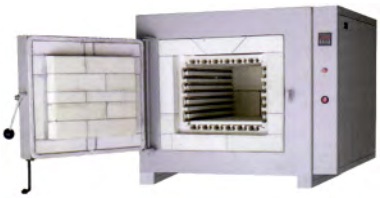
Al work-shop asistieron empresas punteras del sector, que pudieron conversar y discutir sobre la búsqueda de nuevas soluciones más garantizadas, enfocadas a la seguridad alimentaria de los procesos productivos.

El evento incluyó una visita a las instalaciones de la compañía, donde se pudo visualizar como el proceso productivo de Klüber Lubrication va más allá de los máximos estándares exigibles (ISO 21.469), así como los beneficios que reporta.

Info 1

Hornos "TP" para procesos térmicos hasta 1.200 °C - Estufas "ECFAC" para calentamientos hasta 600 °C

Los hornos "TP" pueden calentar hasta 1.200 °C mediante resistencias eléctricas y su revestimiento interior es de material refractario y aislante.



Van equipados con puerta de apertura lateral o guillotina y con un cuadro de maniobra automático.

Las estufas "ECFAC" (hornos de baja temperatura) pueden alcanzar hasta los 600 °C. Son de construcción totalmente metálica y van equipadas con recirculación forzada de aire para conseguir una gran uniformidad de temperatura ± 5 °C.

Info 2

Sistema exhaustivo de perfilado de temperatura

Datapaq lanza la versión 8.0 del software Insight que incluye las versiones Furnace (horno para fusión), Oven (horno pequeño para cocción) y otros paquetes de software para industrias específicas.

La versión 8.0 es compatible con los nuevos registradores TP3 de DATAPAQ con hasta 20 canales de termopar.

Permite diez recorridos de medición consecutivos y hasta diez acontecimientos por recorrido, es decir, los usuarios pueden configurar intervalos individuales para las fases del proceso.

Los perfiles de temperatura registrados se pueden disponer en archivos separados o mezclarse en uno solo para una visualización y análisis cómodos y flexibles.

Los usuarios pueden realizar encuestas de uniformidad de temperatura (TUS: temperature uniformity survey) y pruebas de precisión del sistema (SAT: system accuracy test) y generar informes que cumplan con las especificaciones AMS (Aerospace

CÁMARA DE VACÍO

AUTOCLAVE DE TEMPERATURA, VACÍO Y PRESIÓN

HEA
SINCE 1945

HORNOS ALFERIEFF

www.alferieff.com • hea@hornoshea.com

Material Specifications, normativa aplicable a industrias de tratamiento térmico suministradoras de aeronáutica) 2750E y la normativa CQI (Certified Quality Inspector)-9.

El diagnóstico avanzado, la corrección automática y la recalibración del registrador aseguran una alta calidad de los datos.

El software muestra el estado de la batería y la memoria restante disponible en horas - con 20 termopares conectados y un intervalo de medición de un 1 s, la gran capacidad de memoria almacena hasta 50 horas de datos.

Info 3

Lavado, desengrase y limpieza

Motores, engranajes, rodamientos, moldes, tornillería, menaje, piezas mecanizadas, material eléctrico, etc. pueden utilizarlos.

BAUTERMIC SA. fabrica diversos tipos de máquinas que pueden trabajar por aspersión con duchas fijas y móviles, por inmersión y con ultrasonidos, con agitación, giro o volteo de la carga, con cepillos raspadores y secado final por aire caliente, con la incorporación de sopladores neumáticos cuando son necesarios.

Todo ello dependiendo del grado de suciedad y de la geometría de las piezas que se tengan que limpiar, además del tipo de máquina a utilizar, la cuál puede ser estática o continua.

Info 4

Siemens construirá una fábrica de tranvías en Turquía

Siemens, compañía global líder en tecnología, refuerza su posición en los mercados de crecimiento en transporte público urbano y construirá una nueva fábrica de montaje de tranvías en la ciudad turca de Gebze, cerca de Estambul.

La compañía espera mejorar su posicionamiento de cara a las licitaciones, así como obtener una mejor estructura de costes para los pedidos internacionales, dada la localización de la fabricación y la cadena de suministros en Turquía.

La industria ferroviaria depende cada vez más de las redes internacionales de producción, algo que es especialmente importante en el negocio de los tranvías, el cual se enfrenta a cambios en las condiciones competitivas.

En base al proyecto, Siemens ya está manteniendo una colaboración con los proveedores locales de Turquía.

Está programado que los primeros vehículos se empiecen a producir en la nueva fábrica en el año 2018.

Siemens invertirá unos 30 millones de euros en las nuevas instalaciones.

Info 5

SPECTRO suministra el espectrómetro nº 40.000

SPECTRO Hispania, S.L.

El pasado mes de septiembre celebraron el sumnistro del espectrómetro número 40.000 a la entidad de inspección SGS.

En 1989 SPECTRO ya había suministrado 10.000 espectrómetros. Habían pasado sólo 10 años desde su fundación en el año 1979. Hoy son 40.000.

Quieren agradecer a todos los clientes, proveedores y amigos el haber hecho posible esta cifra, mirando ya los 50.000.

Desde aquí nuestra más sincera enhorabuena a la compañía por lograr esa cifra.

Info 6

HORNOS DE INDUCCIÓN
PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

I-HAZ:
MAXIMIZA EL CONTROL DEL PROCESO

MODO STAND-BY:
MINIMIZA LOS RECHAZOS EN PARADAS Y ARRANCADAS

INDUCTOTHERM GROUP | IBERIA

- Fabricación local 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

Las exportaciones aeronáuticas andaluzas crecen un 18,6% en los primeros siete meses de 2015, hasta los 822 millones de euros

Las exportaciones andaluzas del sector aeronáutico alcanzaron los 822 millones de euros en los primeros siete meses de 2015, lo que supone un incremento del 18,6% respecto al mismo periodo del año anterior. Con estos datos, Andalucía es la segunda comunidad exportadora, con el 30% del total, y siendo Sevilla y Cádiz las provincias líderes en ventas en el exterior, con un crecimiento del 21,7% y 14,2% respectivamente.

La Consejería de Economía y Conocimiento, a través de Extenda-Agencia Andaluza de Promoción Exterior, organiza la tercera edición de Aerospace & Defense Meetings-ADM Sevilla 2016, que ya ha abierto su periodo de inscripción para las empresas andaluzas que quieran participar en la página web del certamen, que se encuentra accesible en http://www.bciaerospace.com/sevilla/es/registrese.html.

Extenda realiza, junto a Abe-BCI, el mayor evento del sector en España, que tendrá lugar entre el 11 y el 13 de mayo, con el objetivo de consolidar a Andalucía como capital del negocio aeroespacial en nuestro país y punto de referencia del circuito mundial del sector.

Por otra parte, el crecimiento del 18,6% de las ventas aeronáuticas andaluzas es mayor que el experimentado por España en el mismo período (14,5%), cifras que aportan a la balanza comercial andaluza un saldo positivo de 285,2 millones, con una tasa de cobertura del 153%. En cuanto a los provincias exportadoras, Sevilla realizó ventas por valor 538,2 millones (65,5% del total), mientras que las exportaciones de Cádiz alcanzaron los 281 millones (34,2% del total), en segunda posición.

Diversificación de mercados

En cuanto a los mercados, Extenda ha detectado que el nivel de diversificación de destinos sigue presente en este período, ya que 16 de los 20 primeros países fueron no comunitarios.

Asimismo, Francia continúa en primer lugar con 223 millones de euros (27% del total) y un crecimiento del 26,2% con respecto a los primeros siete meses de 2014; seguido de México, con 128,4 millones (15,6% del total) que multiplica por 492 las ventas.

En tercer lugar está Malasia, con 127,4 millones (15,5% del total), que multiplica sus cifras por 396; en cuarta posición se encuentra Egipto, con 94,2 millones y casi el cuádruple que en los mismos meses de 2014; seguida de Alemania, con 86,2 millones.

Destacan también los crecimientos en exportaciones a otros países como Vietnam (54,6 millones), sexto mercado, al que no se registraron ventas en los siete primeros meses de 2014.

Los datos de las empresas exportadoras andaluzas indican que el sector goza de un alto nivel de internacionalización, con el significativo crecimiento del 11% en el número de empresas exportadoras registrado en 2014, hasta alcanzar las 59, y alza del 21% en las exportadoras regulares, que se sitúan

aimen
CENTRO TECNOLÓGICO

SEMANA INTERNACIONAL LÁSER 2 INTERNATIONAL LASER WEEK

9/13 NOVIEMBRE 2015

AIMEN organiza la **II Semana Internacional Láser,** que tendrá lugar entre el 9 y el 13 de noviembre en O Porriño (Pontevedra).

La **II Semana Internacional Láser** pretende ser un encuentro donde se den cita investigadores, desarrolladores y usuarios finales de la tecnología láser aplicada al procesado de materiales.

Para ello, se contará con un **amplio programa de actividades, Conferencias, Seminarios, Cursos y Encuentros, entre los que se destaca la XI Edición de las Jornadas de Procesado de Materiales con Tecnología Láser.** A través de todas las actividades se crearán espacios propicios para debatir sobre temas de actualidad y exponer resultados y tendencias asociados a la tecnología láser.

AIMEN organizes the **II International Laser Week** that will be from the 9th to the 13rd of November in O Porriño (Pontevedra).

The **II International Laser Week** aims to be a meeting between researchers, developers and end users of laser technology applied to materials processing.

To do this there will be **a wide activity programme, conferences, seminars, workshops and meetings, among which stands out the XI Workshop on Materials Processing with Laser Technology.** Through all this, it will be created an appropriate ambient to discuss about current issues and present results and trends related with laser technology.

PROGRAMACIÓN

Lunes, 9 de noviembre

- Acto Oficial de Presentación de la II Semana Internacional Láser
- Seminario EU LASER INNOVATION: pasado, presente y futuro

Martes, 10 de noviembre

- Curso Seguridad Láser

Miércoles, 11 de noviembre

- Taller H2020 laser manufacturing brokerage event
- Taller Innovación en equipamiento láser para la industria

Jueves, 12 de noviembre

- XI Jornadas de Procesado de Materiales con Tecnología Láser

Viernes, 13 de noviembre

- XI Jornadas de Procesado de Materiales con Tecnología Láser

PROGRAMME

Monday, 9th November

- Official Presentation of International Laser Week
- Seminar EU LASER INNOVATION: past, present and future

Tuesday, 10th November

- Laser Safety Seminar

Wednesday, 11st November

- Workshop H2020 laser manufacturing brokerage event
- Workshop Innovation in laser equipment for manufacturing industry

Thursday, 12nd November

- XI Workshop on Materials Processing with Laser Technology

Friday, 13rd November

- XI Workshop on Materials Processing with Laser Technology

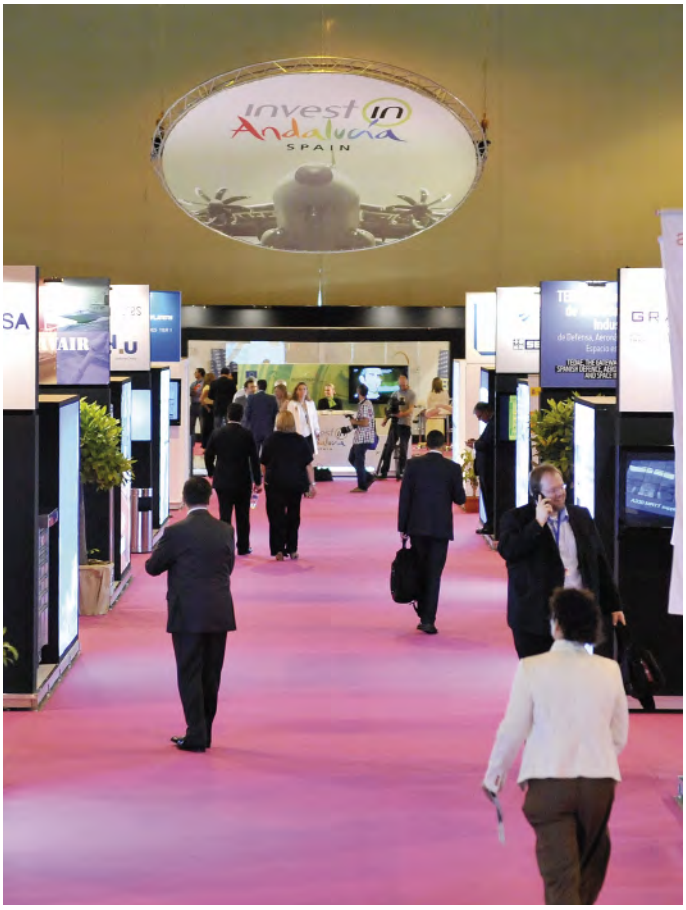
+ info www.aimentraing.es

PATROCINAN:

SPONSOR:

COLABORAN:

COLLABORATE:



ya en 23. Estos números indican que más de la mitad de las empresas del sector (114) son exportadoras y el 20% exportadoras regulares, acaparando estas 23, el 80% de las ventas al exterior.

ADM Casablanca 2015

Dentro de las acciones que realiza Extenda para promocionar el sector aeronáutico andaluz en el mundo, ha organizado la participación de las empresas sevillanas Maquinser, Fundación Hélice y Simetrycal en la Aerospace & Defense Meetings Casablanca 2015, que tendrá lugar del 6 al 7 de octubre de 2015 en Marruecos.

La industria aeronáutica marroquí cuenta con 106 empresas, que facturan más de 100 millones de euros al año, y emplea a más de 11.000 personas.

La gran mayoría de las empresas del sector están ubicadas en Casablanca y región adyacente, donde se han instalado algunas filiales de líderes internacionales como Safran, EADS, Boing, Bombardier o Thales.

ADM Sevilla 2016

Los objetivos de ADM Sevilla 2016 son superar los datos cuantitativos de la segunda edición e incrementar los cualitativos, en cuanto a la entidad de los contratistas internacionales que participarán en esta cita, lo que permitirá a las empresas andaluzas establecer contactos de máximo nivel con los principales actores mundiales del sector, y también en cuanto al programa de conferencias expertas organizadas. De esta forma, se consolida su carácter comercial y de conocimiento, así como su ubicación dentro del circuito mundial de negocios del sector.

La segunda edición supuso la consolidación del carácter bienal del evento, destacando sus participantes una importante mejora sobre la primera edición en cuanto a la calidad de los encuentros de negocio organizados y a los principales aspectos de la organización, calificados en más de un 90% de los casos como “bueno” o “excelente”. ADM 2016 podrá ser cofinanciada con fondos procedentes de la Unión Europea.

Convocatorias abiertas de internacionalización 2015

Extenda apoya al cluster aeroespacial andaluz, con una intensa programación enfocada a participar en las principales ferias internacionales, el desarrollo de misiones comerciales a los principales mercados y otro tipo de acciones de internacionalización, en la que en 2014 participaron hasta 160 empresas.

Este año 2015 ya se ha apoyado la presencia andaluza en la `International Paris Air Show Le Bourget en París, y está abierta la convocatoria para el certamen `Farnborough International Airshow 2016 en Reino Unido.

Además, próximamente estará disponible la inscripción para las empresas de la comunidad en la muestra `ILA Berlin Air Show que celebrará el próximo junio de 2016 en Berlín.

Asimismo, junto a todas estas acciones, ADM Sevilla supone la consolidación de una estrategia de internacionalización del cluster aeroespacial de Andalucía, desarrollada por la Consejería de Economía y Conocimiento, a través de Extenda, y en coordinación con Hélice. En este caso, para identificar a Andalucía y a sus empresas como la capital del negocio aeroespacial de España y tercer polo aeronáutico de Europa, tras Toulouse y Hamburgo.

ENCUENTROS DE NEGOCIOS INTERNACIONALES DE LA INDUSTRIA AEROSPACIAL Y DE DEFENSA

AEROSPACE & DEFENSE MEETINGS

SEVILLA 2016

Andalusia moving forward with Europe

450 Empresas

8 000 Reuniones 1 a 1 pre organizadas

28 Países representados

invest in Andalucía SPAIN

SEVILLA - ESPAÑA

10 -13 MAYO, 2016

- **A&DLM Sevilla es el único evento** en España dedicado a la subcontratación de la industria aeroespacial
- La pasada edición de A&DLM Sevilla contó **con la presencia de las más notorias empresas aeroespaciales**:

AERNNOVA – AIRBUS - AVIC - AVIO AERO - BOEING COMMERCIAL AIRPLANES - COMAC - CESA DAHER-SOCATA - DASSAULT AVIATION - EATON AEROSPACE - EMBRAER - ROCKWELL COLLINS - SAFRAN WESCO AIRCRAFT...

- Algunos líderes industriales y otras OEMs ya se han comprometido a participar en la edición de 2016

Lista de participantes y registro:

www.bciaerospace.com/sevilla o sevilla@advbe.com

Organizado por :

abe advanced business events advbe.com — European Union — Junta de Andalucía Consejería de Economía y Conocimiento — extenda Trade Promotion Agency of Andalucía

Apoyos Industriales en 2014 :

Airbus Group — AERnnova Andalucía — Aciturri — Alestis Aerospace — sofitec

Nuevo equipo para medida de temperaturas en tratamientos térmicos con temple en aceite

Por Ernesto Guerra EUCON, distribuidor de PHOENIXTM

Introducción

El uso de sistemas de obtención de perfiles de temperatura que emplean "cajas calientes" para monitorizar temperaturas en hornos, ha llegado a ser aceptado en muchas industrias relacionadas con los tratamientos térmicos.

Hace 20 años, el concepto de colocar un registrador electrónico en un horno con los productos era visto como algo muy innovador, pero hoy día en aplicaciones como el "brazing" de aluminio, las calibraciones de hornos para automoción o aeronáutica e incluso el calentamiento de acero para laminación es un método habitual.

Sin embargo es la primera vez que se puede medir un ciclo completo de tratamiento térmico con temple en aceite y lavado, en condiciones reales de producción.

El tratamiento térmico

La cementación en un horno con temple integrado es un tratamiento térmico habitual en la producción de engranajes y otras piezas de acero, y el aceite es el medio de temple más habitual.

Durante el temple en aceite las piezas pueden sufrir problemas de deformación, debidas a patrones del flujo de circulación del aceite o diferencias de temperatura. Medir la temperatura en distintas profundidades de la pieza y en distintos puntos del baño puede proporcionar valiosos datos para la mejora del proceso. Sin embargo es muy difícil medir este ciclo completo, ya que la configuración de estos hornos (puertas intermedias, movimiento de la carga), ... hace inviable el uso de registradores externos.

La solución es la nueva gama de barreras térmicas de PhoenixTM que pueden atravesar un ciclo completo de calentamiento, temple en aceite y lavado junto con el resto de la carga. Así se pueden emplear termopares de poca longitud que no sobresalen del tamaño de la cesta de carga y pueden resistir todo el ciclo.

Tras la salida del horno del sistema los datos se descargan del registrador y se analizan mediante

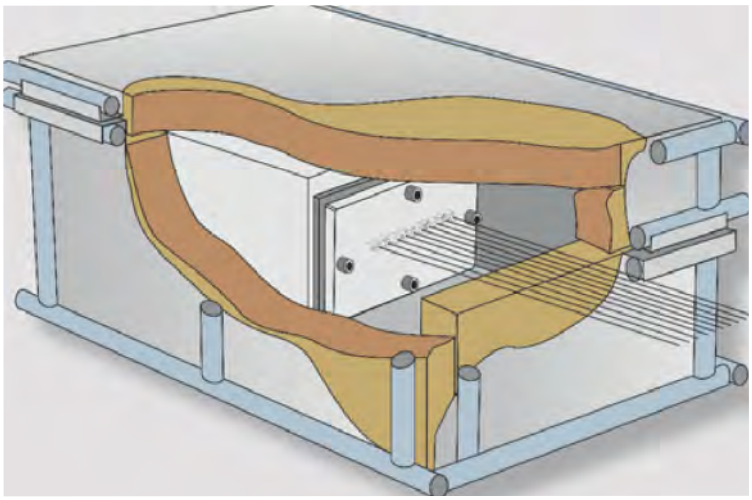


Figura 1. Esquema de la barrera térmica con la salida de termopares.

Figura 2. Componentes del equipo.

un potente y sencillo software de análisis. También se puede optar por recibir los datos en el ordenador en tiempo real mediante telemetría.

El sistema PhoenixTM para procesos con temple en aceite

Los sistemas de "caja caliente" normalmente trabajan usando un aislamiento de dos etapas, que incluye una capa de aislamiento altamente eficiente que rodea a un "acumulador de calor" por cambio de fase, para proteger el registrador de temperatura.

El medio de cambio de fase es generalmente una sal eutéctica que absorbe calor durante el periodo de cambio de fase, cambiando de estado sólido a líquido.

Este nuevo equipo (patente en trámite GB1509136.6) emplea una protección térmica de dos fases, la parte interna está completamente sellada para evitar la contaminación del registrador por el aceite y la parte externa aporta protección térmica adicional, pero debe desecharse tras pasar por un temple en aceite.

El sistema es capaz de atravesar el calentamiento del proceso (existen diferentes modelos para diferentes tiempos de cementación) y el temple en aceite e incluso el ciclo de lavado posterior.

El resto del equipo es el habitual registrador de temperaturas multicananal (hasta 20 puntos de medida para termopares tipo K, N, S…) muy robusto y de alta precisión ante cualquier condición ambiental y el software de gestión de datos, que incluye la posibilidad de realizar fácil y rápidamente informes conformes a la norma AMS2750E para CQI-9 o Nadcap.

Conclusión

Ésta es la primera vez que un equipo de medida de temperaturas permite medir en condiciones reales de producción y en una sola etapa, un proceso de tratamiento térmico con temple en aceite. La información así obtenida será un arma muy valiosa para reducir problemas de producción asociados al temple, así como ajustar los tiempos y consumos de cada etapa.

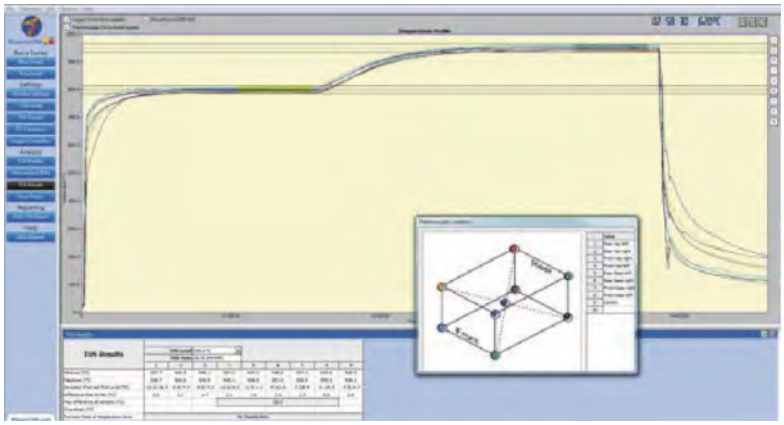


Figura 3. Software de análisis de datos y realización de informes.

"Acreditación Nadcap. Ensayos mecánicos para el Sector Aeronáutico"
"Nadcap Akreditazioa. Aeronautika Sektorearentzako entsegu mekanikoak"

Presentación / Aurkezpena

Nadcap (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program) es un modelo de evaluación de cumplimiento normativo que reúne a especialistas técnicos tanto del sector público como privado para establecer requisitos, acreditar a proveedores y definir requisitos operativos en sectores tan exigentes como el Aeronáutico.

Previamente a la creación de Nadcap, las empresas aeroespaciales auditaban a sus proveedores según sus propios requisitos de proceso para garantizar la conformidad normativa.

Actualmente, el proceso de auditoría y acreditación Nadcap permite aprovechar las aportaciones del sector en aspectos cruciales y reducir al mismo tiempo la carga de trabajo de los clientes, en la medida de lo posible. Los representantes del sector son quienes toman en última instancia todas las decisiones clave sobre los procesos que deben auditarse y los proveedores que reciben la acreditación de Nadcap.

Esta jornada, organizada por las compañías ZWICK IBÉRICA, IK4-AZTERLAN y el Instituto de Fundición TABIRA, pretende ampliar el conocimiento sobre los requisitos que esta exigente acreditación plantea, así como las claves de su proceso de solicitud.

Objetivos / Helburuak

- Dar a conocer las características y puntos críticos en la solicitud de la acreditación Nadcap AC7101/1.
- Profundizar en las normas exigidas por Nadcap y en los requisitos de los equipamientos para cumplir con las mismas.
- Conocer en detalle los requisitos de alineamiento de equipos de tracción para cumplir con Nadcap.

Zwick Roell
Zwick Ibérica Equipos de Ensayos S.L.

Nadcap

IK4 AZTERLAN

tabira Instituto de Fundición

DEE-AED

Durangoko Merinaldearen Amankomunazgoa
Mancomunidad de la Merindad de Durango

Agenda/ Gai-zerrenda

08:45h Recepción y entrega de materiales

09:00h Bienvenida y presentación de la jornada
Sr. José Javier González
Instituto de Fundición TABIRA

09:15h Nuevas capacidades y tecnología de caracterización mecánica
Descripción y actualización de las tecnologías más novedosas de caracterización mecánica de materiales metálicos.
Sr. José María Murua
IK4-AZTERLAN. Director del Área de Materiales

Sra. Imma Pascual
ZWICK IBÉRICA. Directora

09:45h Acreditación Nadcap. Conceptos generales y preparación para la acreditación AC7101/1 – Material Testing
Explicación de las fases para la consecución de la acreditación Nadcap AC7101/1 para materiales metálicos. Puntos y normas críticas para cumplir sus exigencias.
Sr. Urko Uribe
IK4-AZTERLAN. Coordinador del Área de Ensayos Físicos

10:15h Normativa adyacente Nadcap y requerimientos especiales
Profundización en las normas exigidas por Nadcap y requisitos del equipamiento para cumplir con las mismas.
Sr. Iñaki Gutiérrez
ZWICK IBÉRICA. Ingeniero de Proyectos

10:45h Pausa café

11:15h Alineación de los equipos de tracción. Requisitos Nadcap
Consideraciones sobre los requisitos de alineamiento según Nadcap y las claves para cumplir con sus exigentes requerimientos.
Sr. Iñaki Gutiérrez
ZWICK IBÉRICA. Ingeniero de Proyectos

11:45h Conclusiones y preguntas

12:00h Visita a las instalaciones de IK4-AZTERLAN
La Jornada Técnica concluirá con una visita a las instalaciones del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN.

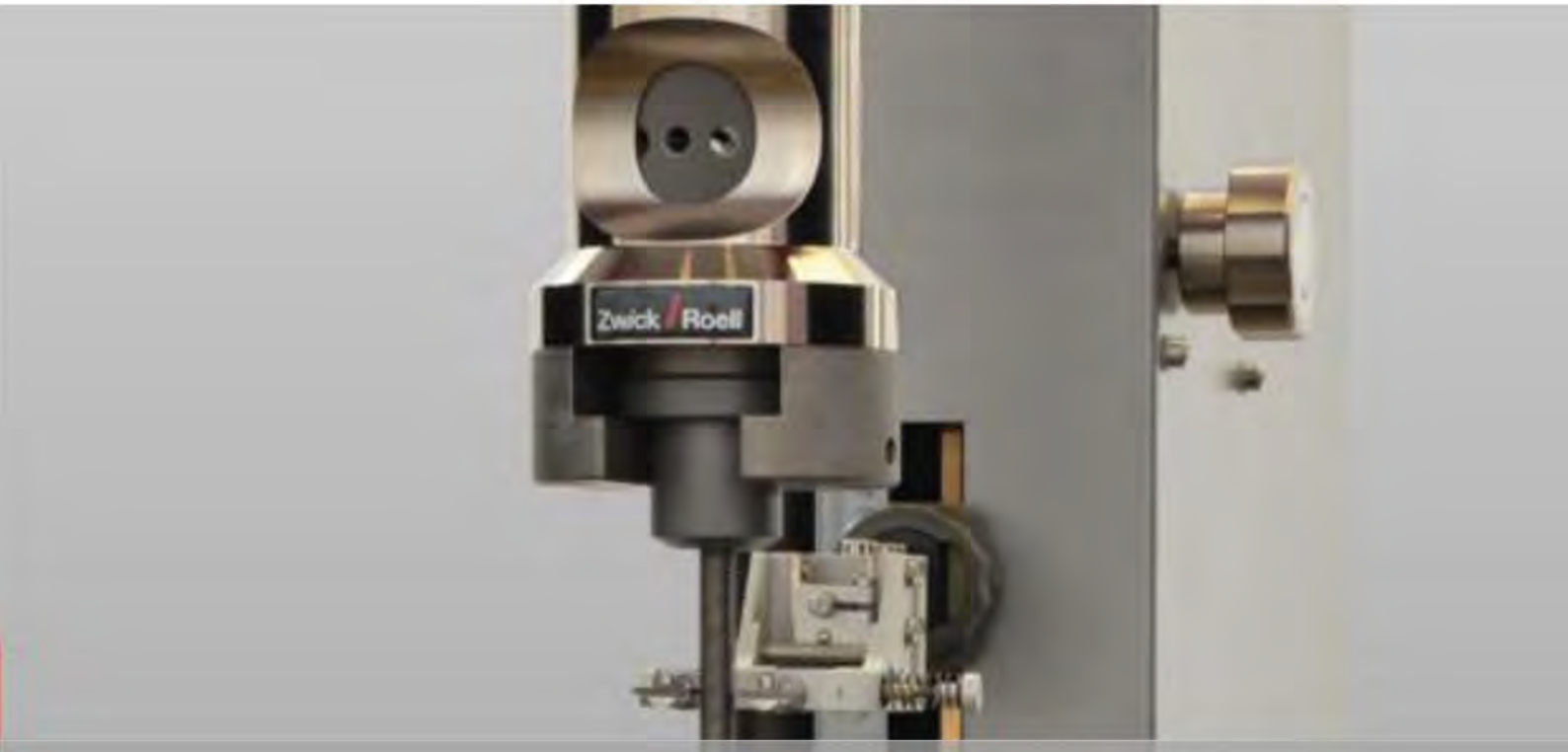
13:30h Comida

Foros de Conocimiento

Jornada Técnica

XXI SEMANA EUROPEA
GESTIÓN AVANZADA
26 OCT • 6 NOV 2015

Jardunaldi Teknikoa



"Acreditación Nadcap. Ensayos mecánicos para el Sector Aeronáutico"

"Nadcap Akreditazioa. Aeronautika Sektorearentzako entsegu mekanikoak"

Durango, 3 de noviembre de 2015

Zwick Roell
Zwick Ibérica Equipos de Ensayos S.L.

Nadcap

IK4 AZTERLAN Research Alliance

DEE-AED Asociación de Empresas del Duranguesado

Durangoko Merinaldearen Amankomunazgoa
Mancomunidad de la Merindad de Durango

tabira Instituto de Fundición

Tratamientos post-mecanizado para la mejora de la integridad mecánica de metales duros electroerosionados

Por L. Llanes[1,2], B. Casas[1], Y. Torres[1,*] y A. Mestra[1,2]

RESUMEN

Las operaciones de mecanizado de materiales frágiles pueden conducir a la reducción significativa de su resistencia mecánica. Recientemente, con el propósito de mejorar las propiedades finales de estos materiales se ha estudiado la aplicación, posterior al mecanizado, de diversos tratamientos con incidencia superficial. Estos tratamientos incluyen: procesos mecánicos, térmicos y químicos, así como la deposición de capas duras (química –CVD– y física –PVD– a partir de fase vapor). En el caso de los carburos cementados, la implementación de tratamientos térmicos permite aliviar tensiones residuales inducidas durante procesos de desbaste o procedimientos mecánicos de prefisuración. En este estudio se evalúa la efectividad de diferentes tratamientos post-mecanizado para la mejora de la integridad mecánica de carburos cementados mecanizados por electroerosión, sobre las bases que la existencia de tensiones residuales de tracción, es la causa fundamental de la degradación observada. Para ello, se llevan a cabo tratamientos termomecánicos secundarios (chorreado y pulido, y tratamiento térmico de recocido en vacío), así como de deposición de recubrimientos duros (vía PVD). Los resultados indican que dichos tratamientos post-mecanizado permiten incrementar la resistencia a fractura y fatiga de estos materiales, llegando en algunos casos (implementación combinada de ambas opciones) a la recuperación total de los niveles de referencia, obtenidos para acabados superficiales correspondientes a desbaste y pulido mediante métodos abrasivos convencionales.

1. INTRODUCCIÓN

El mecanizado de metales duros WC-Co mediante la técnica de electroerosión (EDM) reduce considerablemente la resistencia mecánica de estos materiales [1-8]. La degradación mecánica depende de la correlación entre el tamaño de los defectos de procesamiento y los defectos inducidos por EDM, y en particular, del nivel de tensiones residuales desarrolladas en la superficie del material. En función de ésto, el alivio de los esfuerzos residuales es una acción fundamental para la mejora del comportamiento mecánico de estos materiales. En este contexto, se ha estudiado la implementación de diversos tratamientos superficiales posteriores al mecanizado. Estos tratamientos incluyen: procesos mecánicos (pulido, chorreado, mecanizado con ultrasonidos) [9-12], térmicos [12] y químicos, así como la deposición de capas duras (química –CVD– y física –PVD– a partir de fase vapor) [9,13,14]. En el caso de los carburos cementados, la implementación de tratamientos térmicos permite aliviar los esfuerzos residuales inducidos durante los procesos de desbaste o procedimientos mecánicos de prefisuración [15,16]. Estos tratamientos térmicos se realizan a temperaturas por encima de 800 °C, ya que a partir de esta temperatura la fase ligante se reblandece lo suficiente como para no soportar cargas y los esfuerzos residuales desaparecen por termofluencia local [17]. En función de lo antes expuesto, en el presente estudio se implementaron tratamientos mecánicos y térmicos con la finalidad de incrementar la resistencia a fractura y a fatiga de una calidad de metal duro mecanizada previamente por electroerosión (EDM).

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El material estudiado fue una calidad de metal duro comercial, de tamaño de carburo submicrométrico y contenido de cobalto como ligante metálico de 10% en peso. Las probetas empleadas se suministraron en la forma de barras rectangulares de dimensiones 3 x 4 x 45 mm. Las secciones longitudinales de estas barras (sólo una en cada muestra) se mecanizaron mediante electroerosión secuencial, obteniéndose

finalmente un acabado superficial óptimo, referido como D (R_a y R_y de 0,1 y 0,8 m, respectivamente). Para ello, se utilizó una máquina de electroerosión de hilo de altas prestaciones (Charmilles ROBOFIL 2020SI) y se llevaron a cabo hasta 17 pasadas, las últimas correspondiendo a repasos microfinos, utilizando el límite máximo de velocidad de corte como parámetro de control. El hilo utilizado fue de una aleación de Cu-37% en peso Zn con un diámetro de 0,25 mm. Adicionalmente, se obtuvo una condición de referencia mediante desbaste y pulido convencional (acabado P) utilizando diamante como abrasivo. Este proceso consistió en el desbaste de las muestras con discos de diamante de 68 y 30 µm, y el posterior pulido con pasta de diamante de 30, 6 y 3 µm.

Los tratamientos post-mecanizado se implementaron sobre la condición de acabado final óptimo por EDM; es decir, la D. La ruta mecánica consistió en el chorreado de la superficie de las muestras con esferas de vidrio y el posterior pulido con pastas de diamante de 30, 6 y 3 µm. A partir de estos procesos se obtuvo un acabado que en este trabajo se refiere como DP, con rangos de valores de R_a y R_y de 0,01 y 0,05 µm respectivamente, similares a los parámetros de rugosidad de la condición P. Por otra parte, se realizaron tratamientos térmicos en vacío a 920 °C durante 1 h y se obtuvieron las variantes DTT (condición D + tratamiento térmico) y DPTT (condición DP + tratamiento térmico). Finalmente, en el caso de las condiciones superficiales D, DPTT y P también se evaluó la deposición de una capa dura de nitruro de titanio (TiN), mediante el proceso PVD de evaporación por arco catódico de Balzers-Elay. En todos los casos (DTiN, DPTTTiN y PTiN), los recubrimientos depositados presentaron una elevada uniformidad, con un espesor aproximado entre 3 y 4 µm. Igualemente, su adhesión fue satisfactoria, obteniéndose valores de carga crítica (nivel a la que ocurre la decohesión del revestimiento del sustrato) superiores a 70 N en ensayos de rayado [18,19]. En general, se considera que una carga crítica de 30 N en este tipo de ensayos es suficiente para aplicaciones de contacto [20]. La evaluación de los esfuerzos residuales en las capas depositadas se realizó a través del método del sen2ψ, y se llevó a cabo exclusivamente pa-

ra los acabados D y P. El estudio permitió estimar valores de tensiones residuales de compresión del orden de 2 GPa, independientemente de la condición superficial del sustrato [14].

La integridad mecánica del material se determinó en términos de la resistencia a la rotura transversal (σ_R) y el límite de fatiga (σ_f). Ambos se evaluaron en flexión por cuatro puntos. En el caso de fractura, las probetas mecanizadas y tratadas se ensayaron en una máquina servohidráulica INSTRON 8511 con capacidad estática de 20 kN y a una velocidad de aplicación de la carga de 100 N/s. Para cada condición se rompieron entre 5 y 10 probetas. Por su parte, en el caso de fatiga, el límite correspondiente (definido para una vida a fatiga mayor que 2 x 10^6 ciclos), se determinó a través del método de la escalera (stair-case). En todos los casos se ensayaron un mínimo de 17 muestras por condición, bajo relación de carga R de 0,1 y en una máquina de resonancia RUMUL, a una frecuencia de 170 Hz aproximadamente. Finalmente, se llevó a cabo un análisis fractográfico mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) de las superficies de rotura (tanto en fractura como en fatiga) con el objetivo de identificar el origen del fallo. Los resultados se analizaron con respecto al tipo, localización y tamaño del defecto identificado experimentalmente, y la correspondiente estimación del tamaño en el marco de la mecánica de la fractura elástica-lineal (MFEL).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tratamientos termomecánicos post-mecanizado

Los efectos de las modificaciones termomecánicas implementadas en la resistencia a fractura de probetas mecanizadas por electroerosión se muestran en la Tabla 1. Con el propósito de intentar racionalizar el comportamiento mecánico observado, se realizó un estudio fractográfico y se compararon los tamaños de defecto crítico (a_c) observados experimentalmente con los estimados a partir de la MFEL. Las diferencias relativas entre los tamaños de defecto crítico experimentales y estimados se incluyen en la Tabla 1. De acuerdo a estos resultados, la degradación mecánica por electroerosión sólo se reduce parcialmente a través del chorreado y pulido de las piezas (condición DP), hasta alcanzar una textura superficial similar a la del acabado P. Esto indica que la rugosidad superficial desempeña un papel secundario como parámetro de control en la resistencia a fractura de los carburos cementados mecanizados por esta vía. Por su parte, se aprecia que la implementación del tratamiento térmico (condición DTT) permite mejorar la resistencia mecánica y disminuir las diferencias entre el a_c estimado y experimental de probetas mecanizadas por electroerosión. Sin embargo, es sólo a través del efecto combinado de tratamientos mecánicos y térmicos (condición DPTT) que se obtienen valores de resistencia a rotura similares a los encontrados para la condición de referencia (P). El análisis por MEB de las superficies de rotura reveló que, debido a la escala fina tanto de la microestuctura como de los defectos internos de procesamiento en la calidad de metal duro bajo consideración, el origen de la fractura para todas las condiciones (DP, DTT y DPTT) continúa asociado a defectos inducidos durante el mecanizado por electroerosión, de tamaño similar a los observados para el acabado D. La relación 1 a 1 entre los tamaños de defectos experimentales y los estimados para la condición superficial DPTT (Tabla 1) indica la relajación casi total de esfuerzos residuales en la superficie que actúen sobre los defectos críticos [21]. El alivio de las tensiones residuales inducidas por el mecanizado se corroboró, dentro del rango de error experimental y analítico correspondiente, mediante cálculo por la MFEL (Tabla 1).

El estudio del comportamiento a fatiga se llevó a cabo exclusivamente en las condiciones superficiales D, DPTT y P. Los resultados obtenidos para el límite a fatiga, obtenidos siguiendo el método de la escalera (stair-case) y con un 95% de confianza, se inclu-

Condición	σ_R (MPa)	σ_f (MPa)	a_c (µm)		σ_{res} (MPa) MFEL
			estimado	experimental	
D	1337 ± 25	689 ± 14	25	4-13	0,7 / 2,8 (EDM)
DP	1715 ± 148	---	13	3-4	1,3 / 1,8
DTT	1803 ± 117	---	11	5-10	0 / 0,8
DPTT	2284 ± 331	1170 ± 58	8	4-11	-0,3 / 1,0
P	2869 ± 234	1827 ± 92	8	7-9	-0,2 / 0,2

Tabla 1. Influencia de las modificaciones mecánicas y térmicas realizadas en el metal duro mecanizado por electroerosión sobre su resistencia a fractura y a fatiga. También se incluyen datos de los rangos del tamaño de defecto crítico (ac), estimado mediante MFEL y determinado experimentalmente por MEB, y de los esfuerzos residuales asociados al mecanizado y correspondientes tratamientos post-mecanizado.

yen en la Tabla 1. En todos los casos, los resultados se expresan en términos del esfuerzo máximo aplicado. Considerando la condición P como referencia, se aprecia una disminución de hasta valores del 38% del límite de fatiga para el acabado D obtenido mediante el proceso de electroerosión. Por otra parte, la implementación de procesos mecánicos y térmicos secundarios (condición DPTT) permitió incrementar el límite de fatiga pero sólo hasta un 64% del valor obtenido para el acabado P. Este comportamiento es cualitativamente similar al observado en los ensayos de fractura descritos anteriormente, pero en este caso la efectividad de los tratamientos termomecánicos posteriores al mecanizado por electroerosión es significativamente menor (Fig. 1). La razón de esta diferencia se especula que radica en el papel más relevante que juegan las posibles tensiones residuales todavía existentes después del tratamiento térmico implementado, en el caso de fatiga con respecto al de fractura. En este contexto, cabe indicar que bajo solicitaciones cíclicas, un valor dado de tensiones residuales no sólo ejerce un efecto relativo mayor porque los valores absolutos de los límites a fatiga son menores que los de resistencia a fractura, sino además implica una mayor severidad en términos del esfuerzo medio efectivo al cual el material se ve expuesto durante el ensayo.

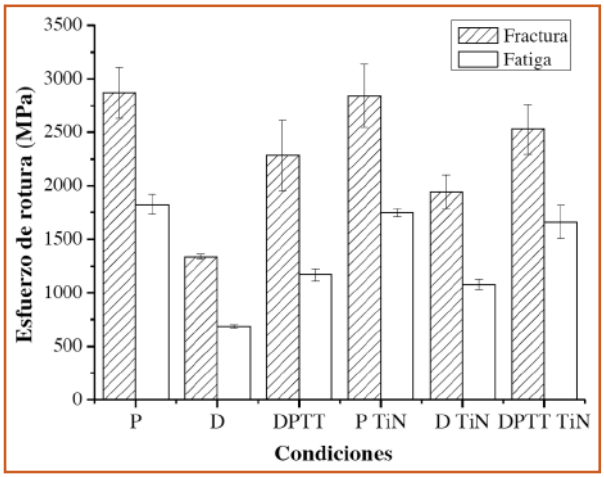


Fig. 1. Esfuerzo de rotura máximo en ensayos de fractura y fatiga de las condiciones P, D y DPTT, incluyendo las condiciones correspondientes a la deposición posterior de recubrimientos PVD de TiN.

FABRICACIÓN SENSORES DE TEMPERATURA

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

LABORATORIO CALIBRACIÓN in situ

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

SCI Suministro y Calibracion Industrial s.l.
www.sciempresa.com

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

3.2. Tratamientos post-mecanizado de deposición de recubrimientos duros por PVD

Al igual que en el apartado anterior, la influencia de la deposición de recubrimientos PVD de TiN en la resistencia a fractura y a fatiga de carburos cementados mecanizados por electroerosión y por métodos convencionales, se evaluó mediante comparación de la resistencia a flexión y el límite de fatiga, respectivamente, de muestras recubiertas y no recubiertas.

En la Tabla 2 se muestran los valores medios de la resistencia a rotura transversal y la desviación estándar correspondientes a los sistemas investigados. Las probetas mecanizadas bajo modos tradicionales (condición P) y posteriormente recubiertas no muestran variaciones en la resistencia a fractura con respecto a las no recubiertas. Resultados similares han sido descritos por Jindal y col. [22]. Sin embargo, en probetas con acabados superficiales obtenidos por electroerosión (con o sin tratamientos adicionales de post-mecanizado) y posteriormente recubiertas, la resistencia a rotura aumentó significativamente en relación a las no recubiertas. En el caso de la condición D, la deposición de revestimientos de TiN permitió alcanzar valores de resistencia mecánica en torno al 70% de los que exhibe el acabado P. Estos resultados evidencian la efectividad de la aplicación de recubrimientos duros en la mejora de la integridad superficial que resulta del mecanizado por electroerosión. Asimismo, la acción combinada de tratamientos termomecánicos (condiciones DP, DTT y DPTT) y la deposición de estos recubrimientos permitió obtener valores cercanos al 90% en relación a los encontrados para la condición de referencia.

Las superficies de fractura de todas las probetas ensayadas se observaron por MEB para identificar los tipos de defectos que originaron la fractura. Las muestras P recubiertas exhiben una rotura asociada a defectos ubicados en el volumen de material, similarmente a lo observado en probetas no recubiertas. El tamaño y la naturaleza de estos defectos no se ven afectados por la deposición de los revestimientos PVD. Por otra parte, en las muestras con condiciones superficiales obtenidas por electroerosión (incluyendo las sometidas a tratamientos termomecánicos) y posteriormente recubiertas, la fractura tiene su origen en defectos superficiales introducidos durante el proceso de mecanizado o bien por defectos de procesamiento localizados en la superficie del material. En este contexto, es interesante la observación de que los recubrimientos parecen anclarse en las micro-cavidades producidas por la técnica de electroerosión, resultando en una elevada adhesión al sustrato y en una posible disminución de la severidad del defecto introducido (Fig. 2).

Con el fin de intentar racionalizar el comportamiento mecánico asociado a la aplicación de recubrimientos PVD en carburos cementados con diferentes condiciones superficiales, se llevó a cabo un análisis en el marco de la MFEL. Así, similar a lo descrito anteriormente, se estimaron los valores del tamaño de defecto crítico (ac), y se compararon con los observados experimentalmente por MEB (Tabla 2). En las probetas mecanizadas por electroerosión (acabado D) y posteriormente recubiertas, se observa una reducción significativa de las diferencias entre el tamaño de defecto estimado y el experimental en comparación a las no recubiertas. La relación entre estos valores se aproxima a la unidad en muestras mecanizadas por electroerosión y posteriormente sometidas a tratamientos termomecánicos y a la deposición de recubrimientos (condiciones DP, DTT y DPTT recubiertas).

Condición	σ_R (MPa)	σ_f (MPa)	a_c (µm)		σ_{res} (MPa) MFEL
			estimado	experimental	
DTiN	1942 ± 163	1079 ± 46	15	8-9	0,6 / 0,7
DPTiN	2536 ± 343	---	10	7-8	0,2 / 0,4
DTTTiN	2254 ± 108	---	10	7-8	0,4 / 0,5
DPTTTiN	2529 ± 234	1663 ± 158	9	9-10	-0,1 / 0
PTiN	2841 ± 296	1747 ± 37	7	5-8	-0,1 / 0,3

Tabla 2. Influencia de la deposición (PVD) de una capa de TiN sobre sustrato de metal duro mecanizado por electroerosión (con y sin tratamientos termomecánicos de post-mecanizado) en su resistencia a fractura y a fatiga. También se incluyen datos de los rangos del tamaño de defecto crítico (a_c), estimado mediante MFEL y determinado experimentalmente por MEB, y de los esfuerzos residuales asociados al mecanizado y correspondientes tratamientos post-mecanizado, tanto termomecánicos como de modificación superficial (recubrimiento PVD).

En el contexto de las observaciones indicadas anteriormente, el incremento en la resistencia a fractura del material por efecto de la aplicación de revestimientos PVD, se puede atribuir entonces a los siguientes factores: (1) la menor severidad del defecto introducido por electroerosión (microcráteres) mediante el

sellado y anclaje por parte del material del recubrimiento depositado; (2) los elevados esfuerzos compresivos en el recubrimiento PVD de TiN, medidos por difracción de rayos X; y (3) la buena adhesión de los sistemas sustrato/recubrimiento.

Como resultado de esto, se produce la relajación de los esfuerzos superficiales de tracción inducidos por el proceso de electroerosión (estimados por la MFEL, Tabla 2) y la disminución o desaparición de las discrepancias existentes entre los tamaños de defecto estimados por MFEL y los medidos experimentalmente [21]. Las pequeñas diferencias que aún se observan pueden atribuirse a errores de tipo experimental y analítico (medición y consideraciones geométricas de los defectos), en la aplicación de la mecánica de la fractura elástico-lineal y a tensiones residuales locales complejas atribuidas a la geometría irregular (rugosa) de la intercara [23,24].

Al igual que para los tratamientos termomecánicos, el estudio del comportamiento a fatiga se limitó a las condiciones superficiales D, DPTT y P recubiertas con TiN. Los límites de fatiga, expresados en términos del esfuerzo máximo aplicado (correspondientes a una razón de carga aplicada R de 0,1), se determinaron a partir del análisis estadístico de los resultados obtenidos siguiendo la metodología de la escalera, y se resumen en la Tabla 2. En general, se observan tendencias cualitativamente similares a las descritas en la evaluación de la resistencia a fractura (Fig. 1). En probetas mecanizadas bajo modos convencionales (condición P) y posteriormente recubiertas no se observaron variaciones estadísticamente significativas del límite de fatiga con respecto a las no recubiertas. Sin embargo, en el caso de muestras con acabados superficiales obtenidos por electroerosión (con o sin tratamientos posteriores al mecanizado) y recubiertas con TiN, el límite de fatiga aumentó considerablemente en relación a las no recubiertas. En muestras tipo D, la deposición de estos recubrimientos permitió obtener un límite de fatiga correspondiente al 60% del exhibido por la condición de referencia. Asimismo, la acción combinada de tratamientos termomecánicos (condición DPTT) y la deposición de la capa de TiN, resultó en un incremento del límite de fatiga hasta alcanzar un valor similar al obtenido para el acabado P. Estos resultados muestran la efectividad de la aplicación de recubrimientos duros en la mejora

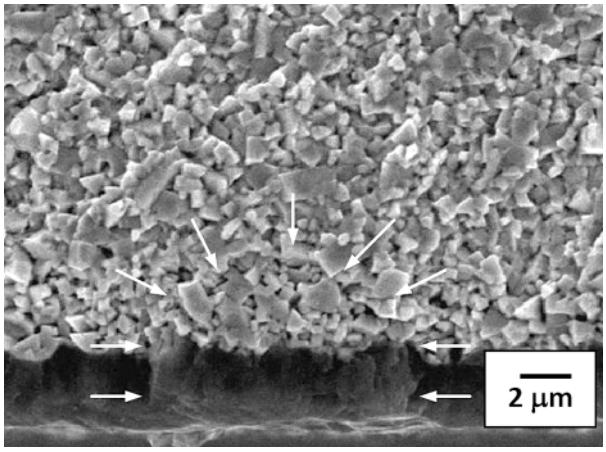


Fig. 2. Micrografía obtenida por MEB del defecto crítico (flechas) responsable de la rotura de una probeta con acabado superficial D y posteriormente recubierta con una capa PVD de TiN.

del comportamiento a fatiga de sustratos mecanizados por electroerosión. La razón para esta mejora de nuevo reside en el alivio de tensiones residuales, los cuales en el caso de fatiga inciden directamente en el esfuerzo medio efectivo. Un valor para esta condición de solicitación (esfuerzo medio efectivo) se puede estimar incorporando la magnitud del esfuerzo residual (calculado por la MFEL, Tabla 2) al esfuerzo aplicado durante el ensayo. Así, se podría concluir que la condición DPTT recubierta exhibe una completa relajación de los esfuerzos residuales por efecto de la combinación del tratamiento termomecánico con la aplicación de revestimientos duros; y como resultado, muestra valores óptimos tanto para la resistencia como para la sensibilidad a fatiga, en relación a los obtenidos para la condición de referencia P.

4. CONCLUSIONES

La investigación presentada en este trabajo permite establecer las siguientes conclusiones:

1. El mecanizado de metales duros WC-Co mediante la técnica de electroerosión reduce considerablemente la resistencia mecánica de estos materiales. La degradación mecánica depende de la correlación entre el tamaño de los defectos de procesamiento y los defectos inducidos por EDM, y en particular, del nivel de tensiones residuales desarrolladas en la superficie del material. En función de esto, el alivio de los esfuerzos residuales es una acción fundamental para la mejora del comportamiento mecánico de estos materiales.
2. La implementación de tratamientos termomecánicos secundarios (como el chorreado y pulido, y tratamientos térmicos en vacío) y la aplicación de recubrimientos duros PVD (TiN), permite reducir la magnitud de las tensiones residuales inducidas durante el mecanizado por electroerosión; y en consecuencia, incrementar considerablemente la resistencia a rotura y a fatiga de estos materiales. La efectividad de estos procesos secundarios en la mejora de la integridad estructural del componente, varía en función del tipo de solicitación aplicada (bajo solicitaciones cíclicas, las tensiones residuales implican una mayor severidad en términos del esfuerzo medio efectivo al cual se ve expuesto el material). La combinación de los tratamientos termomecánicos con la deposición de recubrimientos duros, resulta en una mejora del comportamiento mecánico hasta valores similares a los obtenidos para la condición de desbaste y pulido convencional.
3. La menor severidad del defecto introducido por electroerosión mediante el sellado y anclaje del revestimiento estudiado, los elevados esfuerzos internos de compresión en los recubrimientos de TiN, y la buena adherencia de los sistemas sustrato/recubrimiento, permiten aumentar significativamente las propiedades mecánicas de los metales duros WC-Co mecanizados por electroerosión.

5. AGRADECIMIENTO

El presente estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economia y Competitividad en el marco del proyecto MAT2012-34602. Asimismo, los autores agradecen la asistencia técnica prestada por otras entidades en el trabajo presentado: DURIT Metalurgia Portuguesa do Tungsténio, Mecanizados Ginés, Balzers-Elay, Universitat de Barcelona, y AMP España - Tyco Electronics.

6. REFERENCIAS

[1] Heuvelman, C.J., "Summary report on the CIRP cooperative research on spark-erosion machining of cemented carbides (die-sinking)", Annals of the CIRP 29, 541-544 (1980).
[2] Kamachi, K.; Toru, I.; Yamamoto, T. y Nakamura, S., "Deterioration of mechanical properties of WC-Co cemented carbides by discharge spark erosion method", J. Japan Inst. Metals 52, 581-587 (1988).
[3] Majid, M.A. y Musa, S., "Impact and transverse rupture strength of electrically discharged machined die materials", Int. J. Joining Mater. 10, 92-97 (1998).
[4] Llanes, L.; Casas, B.; Idañez, E.; Marsal, M. y Anglada, M., "Surface integrity effects on the fracture resistance of electrical-discharge machined WC-Co cemented carbides", J. Am. Ceram. Soc. 87, 1687-1693 (2004).
[5] Bonny, K.; De Baets, P.; Lauwers, B.; Vleugels, J. y Van Der Biest, O., "Influence of electro-discharge machining, microstructural and mechanical properties on wear behavior of hardmetals", in Proc. 16th International Plansee Seminar: Powder Metallurgical High Performance Materials, vol. 2, pp. 863-877 (2005).
[6] Casas, B.; Torres, Y. y Llanes, L., "Fracture and fatigue

behavior of electrical-discharge machined cemented carbides", Int. J. Refract. Met. Hard Mater. 24, 162-167 (2006).
[7] Lin, Y.-C.; Hwang, L.-R.; Cheng, C.-H. y Su, P.-L., "Effects of electrical discharge energy on machining performance and bending strength of cemented tungsten carbides", J. Mater. Process. Technol. 206, 491-499 (2008).
[8] Jahan, M.P.; Rahman, M. y Wong, Y.S., "A review on the conventional and micro electrodischarge machining of tungsten carbide", Int. J. Mach. Tools Manuf. 51, 837-858 (2011).
[9] Santhanam, A.T. y Quinto, D.T., "Surface engineering of carbide, cermet and ceramic cutting tools", Surface Engineering, ASM Handbook, Vol. 5, ASM International, Materials Park, Ohio, USA, 144-151 (1992).
[10] Lee, T.C.; Zhang, J.H. y Tang, C.Y., "Strengthening of wire electro-discharge machined SiAlON ceramic by quenching", Key Engng. Mater. 145-149, 1173-1178 (1998).
[11] Lee, T.C. y Zhang, J.H., "Surface treatment of wire electro-discharge machined engineering ceramics by abrasive blasting", J. Adhesion Sci. Technol. 12, 585-592 (1998).
[12] Deng, J.X. y Lee, T.C., "Techniques for improved surface integrity of electrodischarge machined ceramic composites", Surface Eng. 16, 411-414 (2000).
[13] Guu, Y.H. y Hocheng, H.,"Improvement of fatigue life of electrical discharge machined AISI D2 tool steel by TiN coating", Mater. Sci. Eng. A318, 155-162 (2001).
[14] Casas, B.; Lousa, A.; Calderón, J.; Anglada, M.; Esteve, J. y Llanes, L., "Mechanical strength improvement of electrical discharge machined cemented carbides through PVD (TiN, TiAlN) coatings", Thin Solid Films 447-448, 258-263 (2004).
[15] Exner, H.E., "The influence of sample preparation on Palmqvist's method for toughness testing of cemented carbides", Trans. Met. Soc. AIME 245, 677-683 (1969).
[16] Torres, Y.; Casellas, D.; Anglada, M. y Llanes, L., "Fracture toughness evaluation of hardmetals: influence of testing procedure", Int. J. Refract. Met. Hard Mater. 19, 27-34 (2001).
[17] Exner, H.E., "Physical and chemical nature of cemented carbides", Int. Mater. Rev. 24, 149-173 (1979).
[18] Casas, B.; Anglada, M.; Sarin, V.K. y Llanes, L., "TiN coating on an electrical discharge machined WC-Co hardmetal: surface integrity effects on indentation adhesion", J. Mater. Sci. 41, 5213-5219 (2006).
[19] Casas, B.; Wiklund, U.; Hogmark, S. y Llanes, L., "Adhesion and abrasive wear resistance of TiN deposited on electrical discharge machined WC–Co cemented carbides", Wear 265, 490-496 (2008).
[20] Hogmark, S.; Jacobson, S. y Larsson, M., "Design and evaluation of tribological coatings", Wear 246, 20-33 (2000).
[21] Rice, R.W., "Monolithic and composite ceramic machining flaw-microstructure-strength sffects: model evaluation", J. Eur. Ceram. Soc. 22, 1411–1424 (2002).
[22] Jindal, P.C.; Santhanam, A.T.; Schleinkofer, U. y Shuster, A.F., "Performance of PVD TiN, TiCN, and TiAlN coated cemented carbide tools in turning", Int. J. Refract. Met. Hard Mater. 17, 163-170 (1999).
[23] Strawbridge, A. y Evans, H., "Mechanical failure of thin brittle coatings", Eng. Failure Anal. 2, 85-103 (1995).
[24] Wiklund, U.; Gunnars, J. y Hogmark, S., "Influence of residual stresses on fracture and delamination of thin hard coatings", Wear 232, 262-269 (1999).

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

En 2015, MIDEST mejora sus animaciones

Mientras que la industria en general y la francesa en particular va recuperando fuerza desde inicio de año, MIDEST, el salón mundial de todas las competencias en materia de subcontratación industrial, celebrará su cuadragésimo-quinta edición del 17 al 20 de noviembre en el recinto ferial de Paris Nord Villepinte. La ocasión idónea para los profesionales de medir, recorriendo los pasillos de la feria, la realidad de esta recuperación y de prepararse para un futuro que todos esperan más sereno.

En efecto, este evento es percibido más que nunca por los profesionales como una herramienta efectiva de ayuda para llevar a cabo su actividad, desarrollarla en contacto con los visitantes que ofrecen oportunidades reales, así como para encontrar un apoyo en los cambios y en las principales rupturas que conoce actualmente la industria.

FICHA PRACTICA–AGENDA

Fechas	Del martes 17 al viernes 20 de noviembre 2015
Lugar	Recinto ferial de Paris Nord Villepinte - Pabellón 6
Expositores 2014	1.678 expositores de 45 países
Sectores	Transformación de metales, Transformación de plásticos, caucho, composites, Transformación de madera y demás materiales, Electrónica y electricidad, Tratamientos de superficies, tratamientos térmicos y acabados Textiles técnicos **(novedad)** Fabricación aditiva **(novedad)** Fijaciones industriales Servicios para la industria Mantenimiento industrial
Visitantes esperados	40.000 profesionales de 80 países
Sitio Internet	www.midest.com
Informaciones	Tel.: + 33 (0)1 47 56 21 66 - info@midest.com

En esta óptica el salón ha mejorado e incrementado este año su programa de conferencias y animaciones, sin olvidarse de los grandes momentos habituales: los Trofeos de la subcontratación industrial, único galardón en el mundo dedicados en exclusiva a las empresas, a los actores y a las competencias del sector, los encuentros de negocios, el plató TV, etc.

Animaciones basadas en el presente y encaminadas al futuro

MIDEST ha ampliado fuertemente este año sus conferencias y animaciones en torno a grandes temas del mercado: industria del futuro, empleo / formación, economía de la empresa, tendencias / innovación.

1. Las conferencias

La inversión, la evolución de las relaciones entre subcontratistas y contratantes, las agrupaciones de empresas, la recuperación económica, el empleo y la formación, la robotización, la fabricación aditiva y la eficiencia energética serán algunos de los temas que se abordarán.

El plató TV, ubicado este año en el espacio de conferencias, recibirá los grandes actores de la industria presentes en los pasillos: numerosos momentos relevantes que se pueden consultar en la web www.midest.com y en el canal YouTube MIDEST TV.

El Cetim, Centro técnico de las industrias mecánicas organizará también sus muy esperadas conferencias flash en la Plaza de la Mecánica, que anima en colaboración con la Federación de Industrias Mecánicas.

2. Las animaciones

El miércoles se dedicará, en colaboración con la Fábrica de la Industria y con la participación de numerosos socios, al gran reto del empleo y de la formación facilitando el acercamiento entre industriales y jóvenes procedentes de la enseñanza profesional.

Por primera vez MIDEST creará cuatro puntos de información dedicados respectivamente a la industria del futuro, a la fabricación aditiva, al empleo y la formación, y a los Trofeos de la subcontratación industrial.

Entre las demás animaciones propuestas tanto a los visitantes como a los expositores, los Trofeos de la subcontratación industrial destacarán las realizaciones de excelencia.

Los encuentros de negocios b2fair – Business to Fairs® permitirán poner en contacto subcontratistas con contratantes deseosos de entablar alianzas concretas en un sector, un mercado o una zona geográfica específica.

MIDEST 2015 se celebrará junto con MAINTENANCE EXPO, el salón del mantenimiento industrial y TOLEXPO, el salón internacional de los equipamientos de producción para el trabajo de los metales en lámina o en bobina, el tubo y los perfiles.

También presentará la quinta edición de MIDEST MAROC, la cita industrial en Marruecos, que tendrá lugar en Casablanca del 9 al 12 de diciembre en torno a seis grandes sectores: la máquina-herramienta, la subcontratación, la industria del plástico, los servicios, la electrónica y la chapa.

Expertos nacionales en tratamientos térmicos de superficie presentan en O Porriño las últimas innovaciones del sector

Más de un centenar de expertos en el campo del tratamiento térmico y de superficie participaron en el XIV Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie, TRATERMAT 2015, que tuvo lugar en el Centro de Aplicaciones Láser de AIMEN Centro Tecnológico (O Porriño), y que fue inaugurado por el conselleiro de Economía e Industria de la Xunta de Galicia, Francisco Conde. Se trata de la principal cita a nivel nacional en este área tecnológica, que aporta mejoras innovadoras para sectores estratégicos para Galicia como son la automoción, el aeronáutico, el naval o el biomédico, entre otros.

Francisco Conde recorrió el espacio expositivo del Congreso, donde pudo conocer las principales innovaciones en control de calidad de materiales, equipos de análisis químico de materiales por láser, tecnologías novedosas de medición u hornos industriales para tratamientos térmicos, entre otros. Asimismo, destacó la importancia de este congreso para dar a conocer en Galicia los avances que se están produciendo en los sectores estratégicos de la economía gallega, y resaltó el papel de AIMEN y del resto de centros tecnológicos gallegos integrados en ATIGA, como impulsores de la innovación y la transferencia del conocimiento al mundo empresarial.

Innovación aplicada al tratamiento térmico de superficie Galicia acoge por primera vez el Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie, TRATERMAT, que se ha consolidado como punto de encuentro para tecnólogos, empresarios e investigadores especializados en los tratamientos térmicos y de superficie y sus aplicaciones en la industria. Or-

ganizado por AIMEN Centro Tecnológico, se trata de un foro de conocimiento en el que se dan a conocer las últimas tendencias, se comparten experiencias empresariales de éxito y se promueve la innovación abierta y la colaboración entre empresas, centros tecnológicos y universidades para la puesta en marcha de nuevos proyectos.

El principal desafío de este sector altamente innovador es mejorar las características de los materiales con los que se fabrican piezas para industrias como automoción, naval, aeronáutica o biomédica.

El objetivo es aplicar la tecnología de tratamiento térmico para conseguir materiales más flexibles, ligeros, duraderos; y al mismo tiempo, menos contaminantes y que contribuyan a generar menores índices de emisiones de CO2.

Las principales novedades que se dieron a conocer en este congreso, que contó con un amplio programa con 40 trabajos presentados, la aplicación de la tecnología láser para la realización de innovadores tratamientos superficiales avanzados, técnicas vanguardistas en la fabricación aditiva o el diseño de nuevos aceros para plantas energéticas de bajas emisiones de CO2, con el que se consiguen altos rendimientos energéticos.

Entre los ponentes de TRATERMAT destacan investigadores procedentes de la universidad (Universidad de A Coruña, Universidad de Navarra, Universidad de Oviedo, Universidad Carlos III, Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Pública de Navarra, Universidad Politécnica de Cataluña y Universidad Politécnica de Valencia), así como expertos de centros tecnológicos y de innovación (AIMEN, IK4-Lortek, Fundación Tecnalia Research & Innovation, AIMME, CENIM-CSIC, Fundación Cetena-CEMITEC, la Fundación ITMA o la Fundació CTM). En cuanto a empresas participantes, cabe destacar a Arrola, Biometa, Insertec, Neurtek, Paralab, Safe Cronite, Tey, Praxair o Grupo TTC, patrocinadores del Congreso.

Algunas consideraciones sobre los aceros rápidos pulvimetalúrgicos y su tratamiento térmico (Parte II)

Por Manuel Antonio Martínez Baena y José Mª Palacios Reparaz (†)

3. Temple

El tratatamiento térmico de temple de los aceros rápidos en general y el de los aceros **PM** en particular, presenta algunas diferencias con el resto de aceros aleados de herramientas, debido a ciertas singularidades. Tales singularidades se pueden observar estudiando sus diagramas de fases, sus diagramas de transformación-tiempo-temperatura **TTT** y sus diagramas de enfriamiento continuo **TEC**; igualmente hay que considerar también la estructura de partida del material que se templa.

En el caso de los diagramas de fases, desgraciadamente, no disponemos de mucha información. Acaso el más conocido es el de la **figura 8** que representa una sección binaria recogida del sistema cuaternario **Fe-W-Cr-C** para un nivel de 18% **W** y 4% **Cr**. De su examen se observa que, durante el proceso de solidificación del acero, se formaron los cristales de austenita. Alcanzada ya la temperatura eutéctica, precipitarán los constituyentes ledeburíticos formados por la mezcla de austenita y carburos primarios y a más baja temperatura, siguiendo el proceso de solidificación, se precipitarán los carburos secundarios.

La estructura de colada de un acero rápido de fabricación convencional y de composición estándar da origen a una condición de elevada fragilidad, debido a la presencia de carburos primarios en su masa matricial, que sólo pueden ser modificados mediante un trabajado enérgico de forja en caliente.

Para la mayor compresión de los procesos de transformación que tienen lugar durante el tratamiento

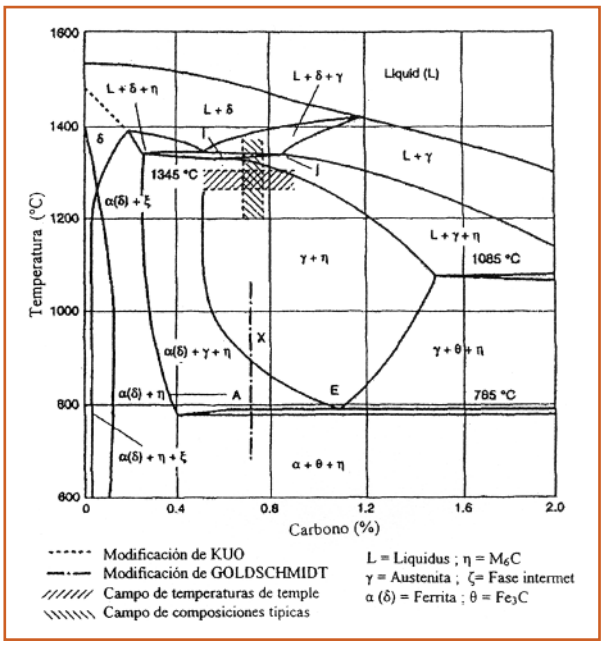


***Figura 8**. Diagrama de fases de un acero rápido de composición base: 18% **W** y 4% **Cr**. Sección que muestra el sistema cuaternario **Fe-W-Cr-C**.*

térmico –***temple***– de los aceros rápidos, hay que estudiar, reiteramos, muy a fondo los diagramas de fases y al mismo tiempo los diagramas **TTT** y **TEC** de los aceros rápidos correspondientes.

En las **figuras 9** y **10** están indicados estos dos últimos diagramas: **TTT** de transformación isotérmica y **TEC** de enfriamiento en continuo, ambos correspondientes al acero rápido **PM 6-5-3**. La experiencia nos confirma que ningún otro acero rápido de herramientas de tan alta y compleja aleación, está

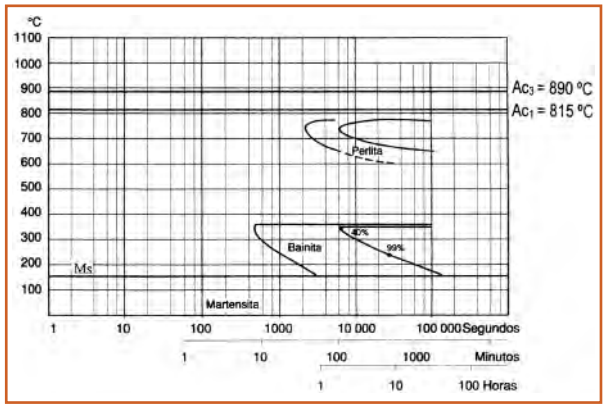
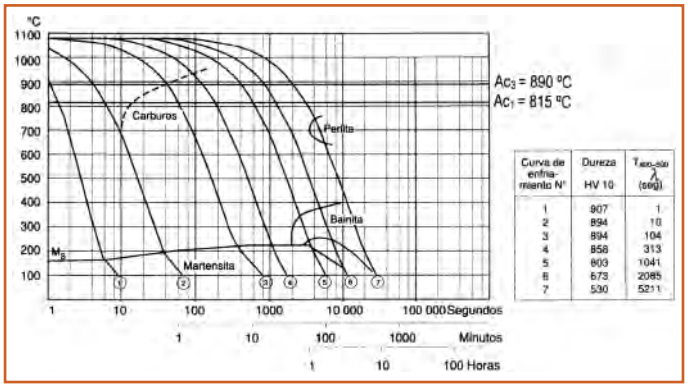


***Figura 9**. Diagrama **TTT** de transformación isotérmica de la austenita correspondiente al acero rápido **PM 6-5-3**.*



Curva de enfriamiento Nº	Dureza HV 10	$T_{800-500}$ (seg)
1	907	1
2	894	10
3	894	104
4	858	313
5	803	1041
6	673	2085
7	530	5211

***Figura 10.** Diagrama **TEC** de enfriamiento en continuo de la austenita correspondiente al acero rápido **PM 6-5-3**.*

tan documentado como lo están los aceros rápidos **6-5-2** y **6-5-3**, tanto de fabricación convencional como pulvimetalúrgica.

En el diagrama de fases **–figura 8–** se han señalado las temperaturas normales de temple muy cercanas a la presencia de fases líquidas, donde observamos la importancia que tiene la composición del acero en la elección de una temperatura de temple adecuada, para evitar peligrosos sobrecalentamientos durante su tratamiento térmico de temple.

En el diagrama **TTT**, correspondiente a la **figura 9**, resalta el retraso considerable que ofrecen las "narices" de las transformaciones perlíticas y bainíticas respectivas, ya que existe también una amplia zona de estabilidad austenítica comprendida entre 400 y 600 °C. Finalmente a una temperatura relativamente muy baja, aparece el comienzo de la transformación martensítica (**Ms**).

En el diagrama **TEC** de la **figura 10**, se destaca la presencia de las zonas de estabilidad de los carburos antes de la transformación por calentamiento a alta temperatura de la austenita. Las curvas de enfriamiento, fin de transformación [$\gamma \rightarrow \alpha$] están condicionadas por la temperatura de transformación martensítica (**M_f**), ya que la austenita aún no transformada en martensita *–austenita retenida–* puede todavía permanecer, y en gran proporción, por debajo de dicha temperatura. La cantidad o porcentaje de constituyentes de la estructura de temple, y dureza obtenida está reflejado al final de la transformación de la austenita, al lado de cada curva de enfriamiento: diagrama **TEC**.

Un ciclo completo del tratamiento térmico de temple de las herramientas fabricadas con acero rápido en general comporta: (1) un calentamiento lento y progresivo hasta la temperatura de austenización del material que se templa; (2) un tiempo a la temperatura de austenización que permita la disolución homogénea de los carburos en la austenita; y (3) un enfriamiento más o menos enérgico de esa masa matricial austenítica hasta la temperatura ambiente.

3.1. *Calentamiento*

En el clásico calentamiento de temple se incluye una serie de precalentamientos para disminuir el peligro de distorsiones y la tendencia al agrietamiento de las herramientas que se templan. Eliminamos, de esta manera, las posibles tensiones remanentes originadas por los efectos del mecanizado, al mismo tiempo que se atenúa o minimiza el fuerte choque térmico eventualmente producido a tan altas temperaturas de calentamiento.

Por regla general las temperaturas de precalentamiento son: (1) para los aceros al volframio (**W**) y para los aceros volframio-molibdeno (**W-Mo**) = temperaturas entre 820 y 880 °C; (2) para los aceros al molibdeno (**Mo**) = temperaturas entre 720 y 800 °C; y (3) último precalentamiento a una temperatura próxima a los 1.000 ± 50 °C. Antes *–al comienzo del calentamiento–* es aconsejable realizar un precalentamiento lento a una temperatura entre 450 y 500 °C.

En el calentamiento de temple la herramienta se ha de obtener, como es sabido, una matriz austenítica lo más aleada y homogénea posible, para que al transformarse en el enfriamiento de temple se obtenga una martensita de las características deseadas, en cuanto a resistencia y dureza en caliente: "*dureza al rojo*". Para que esto sea posible es indis-

pensable la solución de cierta cantidad de carburos presentes en la masa matricial austenítica del acero que se templa.

Cuando se aumenta excesivamente la temperatura de temple puede suceder que el número de carburos no disueltos, presentes en la austenita, sea muy escaso e insuficiente para bloquear el crecimiento de los granos de austenita. Esto ocasionaría un mayor porcentaje de austenita retenida en la herramienta que se templa; **figura 11**.

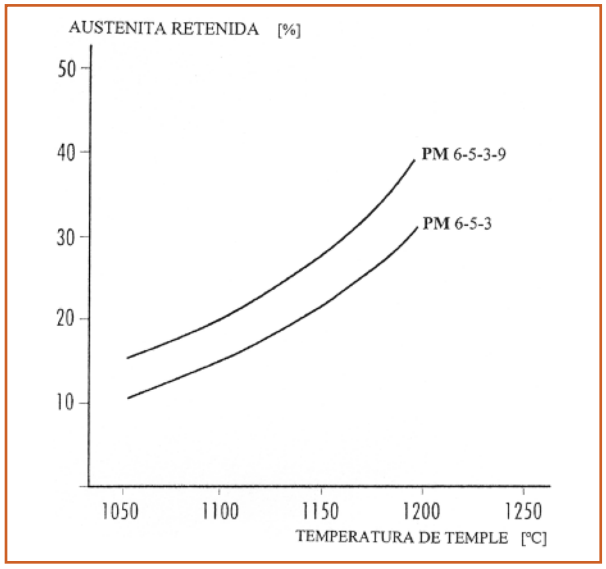


***Figura 11**. Influencia de la temperatura de temple sobre la austenita retenida. Aceros **PM 6-5-3-9** [**C** = 1,27%] y acero **PM 6-5-3** [**C** = 1,27%].*

Otra consideración a tener también en cuenta, es la fragilidad ocasionada por una baja tenacidad, *–cuando se templa a esas temperaturas muy superiores a la crítica–* que es debida a un aumento muy sustancial del tamaño de grano. Con un incremento todavía mayor de la temperatura de temple se puede iniciar una eventual fusión *–quemado–* de los carburos precipitados en los límites de grano. Consecuencia ésta muy negativa; **figura 12**.

3.2. *Permanencia a la temperatura de austenización*

El tiempo de permanencia a la temperatura de temple actúa de forma parecida al tiempo de calentamiento. No obstante, el tiempo de permanencia austenítica ha de ser muy preciso, ya que la práctica evidencia y confirma: "una vez alcanzado el equilibrio *–temperatura-tiempo de austenización–* los carburos ya no se disuelven más". Un tiempo excesivo de

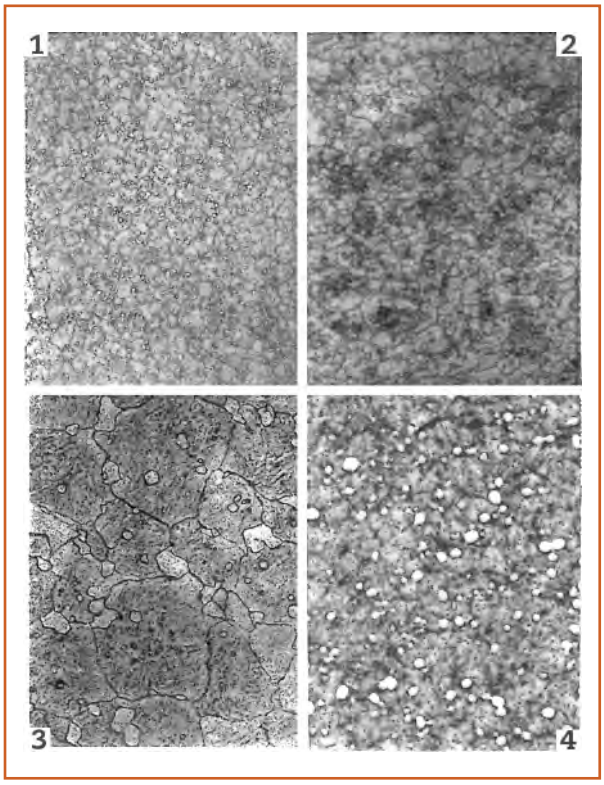


***Figura 12**. Diferentes estados estructurales según la temperatura de temple utilizada. Acero **PM 6-5-2**. Micrografías x 500:*

1. *Temperatura de temple insuficiente. Carburos finos y uniformes en una matriz de martensita y austenita; tamaño de grano muy pequeño en el que los carburos no están disueltos en su mayoría.*
2. *Temperatura de temple correcta. Carburos dentro de una masa matricial poliédrica de martensita y austenita. Tamaño de grano correcto y resto de carburos completamente disueltos.*
3. *Temperatura de temple excesiva: **sobrecalentamiento**. Matriz poliédrica de martensita y austenita. Los carburos comienzan a precipitarse en los límites de grano y en un tamaño de grano excesivamente grueso.*
4. *Temperaturas de temple y de revenido correctas. Estructura correcta formada por carburos relativamente finos sobre una masa matricial martensítica.*

austenización provoca, como se sabe, un mayor aumento del tamaño de grano austenítico. Se advierte, pues, que la temperatura de temple y el tiempo de permanencia a esa temperatura dependen, principalmente, de la composición química del acero. Es igualmente fundamental tener en cuenta el diseño o geometría y tmaño de la herramienta, así como el tipo de horno donde se ha de realizar el temple.

Los aceros rápidos con mayor contenido de carbono (> %**C**) y también con más alto contenido de vanadio (> %**V**) se suelen mantener, a la temperatura de temple, un período de tiempo sensiblemente

mayor (+ 10%) para asegurarnos que los carburos de vanadio se han disuelto del todo, ya que son difíciles de disolver. Por otra parte, los aceros al molibdeno (**Mo**) y los aceros con alto carbono (**C**) son más sensibles al sobrecalentamiento y a la descarburación, más que los pertenecientes al grupo de aceros aleados con volframio (**W**).

En el supuesto de herramientas que hayan de trabajar a altas temperaturas, necesariamente se precisa que tengan una gran resistencia al desgaste, una alta dureza en caliente, y una elevada resistencia al revenido. Para ello dichas herramientas se han de templar a una más alta temperatura, aunque el tamaño de grano sea sensiblemente mayor que el de aquellas otras herramientas que necesiten de una mayor tenacidad, como característica principal manifiesta. Es el caso de una cierta variedad de útiles y herramientas que se utilizan en trabajos de corte y embutición en frío de metales relativamente duros. Se aconseja entonces que el temple de tales herramientas sea a la menor temperatura permitida, ya que tienen la imperante necesidad de ser particularmente más tenaces. Nos referimos a troqueles, punzones y matrices para corte fino de chapa: material con elevada dureza y alto límite elástico, etc.

3.3. *Enfriamiento*

En el diagrama **TEC** de enfriamiento en continuo –*ver* **figura 10**– podemos observar las exigencias de un enfriamiento controlado. Especialmente hay que tener muy presente las temperaturas de austenización del acero que se templa, ya que la temperatura del comienzo de transformación martensítica (**Ms**) varía en función de la temperatura de temple utilizada. Con temperaturas de austenización bajas, **Ms** se sitúa en una banda de temperaturas entre 160 y 205 °C. Para las temperaturas más elevadas de austenización, (**Ms**) baja sustancialmente de temperatura, situándose entre 130 y 150 °C.

Los aceros rápidos por su baja velocidad crítica de enfriamiento pueden templarse en: aire, aceite, baños calientes de sales o de plomo, etc. Cuando el temple se efectúa en hornos al vacío, el enfriamiento se realiza en gas o mezcla de gases [N_2/He] a cierta presión y velocidad de agitación. En la **tabla I** se dan los valores de las distintas intensidades de enfriamiento –*coeficientes de transmisión térmica* α– de los principales medios refrigerantes que normalmente se utilizan en el temple de los aceros para herramientas.

MEDIOS DE ENFRIAMIENTO	Coeficiente de transmisión térmica (α) en W/m^2K
Gas (N_2) recirculante	100 ÷ 150
Gas (N_2) a sobrepresión [3 bar] y alta velocidad	300 ÷ 400
Baño de sales [550 °C]	350 ÷ 550
Lechos fluidizados [según temperatura]	400 ÷ 500
Baño de sales [250 ÷ 300 °C]	600 ÷ 800
Gas (N_2) alta presión [6 ÷ 20 bar]	500 ÷ 1000
Aceite no agitado [20 ÷ 80 °C]	1000 ÷ 1500
Aceite agitado [20 ÷ 80 °C]	1800 ÷ 2200
Agua agitada [15 ÷ 25 °C]	3000 ÷ 3500

***Tabla I**. Coeficiente de transmisión térmica (α) de los principales medios de enfriamiento que normalmente se utilizan en el temple de los aceros de herramientas en general.*

En el temple de los aceros rápidos –y *también el de aquellos otros aceros de herramientas de media/alta aleación, que se templan a temperaturas alrededor de los* 1.000 °C y *superiores*– hay que respetar al máximo cierta velocidad crítica de enfriamiento, caracterizada por un parámetro que denominaremos $\mathbf{V_E}$: *velocidad de enfriamiento entre dos temperaturas límites; desde* 1.000 a 800 °C = [V_E (1.000/800 °C)].

Parámetro definido por la expresión: [$V_E \geq 7$C°/s] = valor mínimo de $\mathbf{V_E}$. Si esto no sucede, es decir, no se alcanza dicha velocidad de enfriamiento en ese rango de temperaturas, se producirán entonces durezas bajas en el material afectado; –**figura 13**– al mismo tiempo que tiene lugar la precipitación de carburos proeutectoides en los límites de grano, tal como se puede observar en la **figura 14**.

Valores más bajos a los parámetros de enfriamiento [$V_E < 7$C°/s], en esa franja de temperaturas, ocasionan una disminución de carbono y también del resto de aleoelementos en la masa matricial martensítica del material templado. Circunstancia por la que, igualmente, se reduciría muy mucho el eventual potencial de martensita secundaria, tras los revenidos previos de la herramienta correspondiente.

El grado de precipitación de carburos es función del tiempo que tarda en producirse la bajada de temperatura, durante el enfriamiento de temple, en ese intervalo de temperaturas comprendido entre 1.000 y 800 °C. Por consiguiente, enfriamientos bajos [$V_E <$ 7C°/s] ocasionarían precipitación de carburos en los límites de grano del material templado; al mismo tiempo que se produciría un descenso muy significativo de los niveles de dureza en el núcleo de la herramienta en cuestión y, sobre todo, de tenacidad; tal como se indica en las **figuras 13** y **14**.

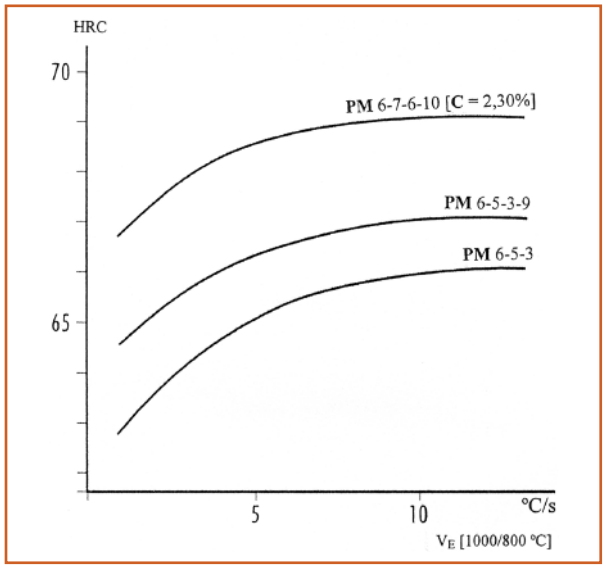


***Figura 13**. Influencia del parámetro de enfriamiento (**V_E**) sobre la precipitación de carburos y de la dureza final de temple. La velocidad de enfriamiento tiene que ser como mínimo la presentada por el parámetro [**V_E** > 7 °C/s] para evitar la precipitación de carburo, y al mismo tiempo el descenso de la dureza. Aceros rápidos: **PM 6-7-6-10** [**C** = 2,30%] **6-5-3-9** y **PM 6-5-3**. Todos los aceros han sido templados y revenidos a igual temperatura: temple a 1.180 °C + revenido a 560 °C [3 x 1 hora a 560 °C].*

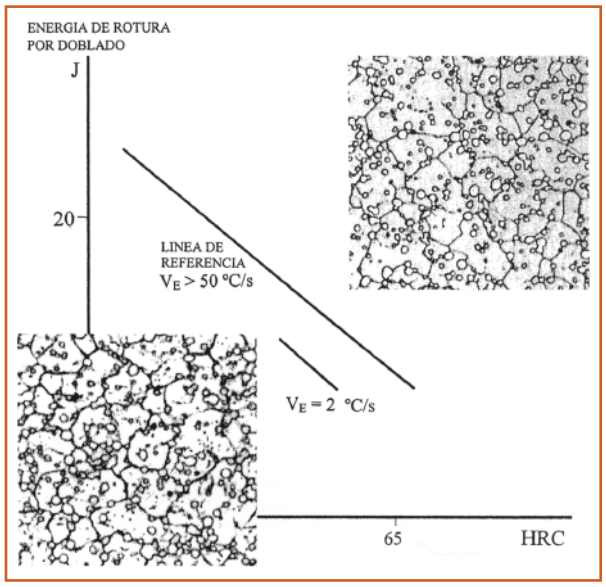


***Figura 14**. Influencia de la precipitación de carburos sobre la tenacidad: (**a**) microestructura, línea de referencia [**V_E** = 2°C/s] = precipitación de carburos en los límites de grano; (**b**) microestructura línea de referencia [**V_E** > 50°C/s] = carburos bien repartidos dentro de la masa matricial poliédrica de martensita y austenita. La estructura de temple correcta (**b**) alcanza, por tanto, mayor tenacidad. Acero rápido **PM 6-5-3** templado a 1.180 °C y revenido a 560 °C [3 x 1 hora a 560 °C]. Microestructuras de temple.*

El enfriamiento con aire –*aire bien seco*– tiene el inconveniente que sólo es aplicable a herramientas y útiles con espesores o redondos equivalentes no superiores a **20 mm**; ya que con mayores secciones la velocidad de enfriamiento, en ese tan reiterado dominio de temperatura, es posible disminuya a valores por debajo de los del parámetro [V_E < 7C°/s]. Por tanto, existe ciertamente la posibilidad de precipitación de carburos proeutectoides que empobrecen la masa matricial martensítica de temple, afectando al mismo tiempo a la estabilidad de revenido y a la dureza en el núcleo de la herramienta templada.

Otro inconveniente del enfriamiento en aire es la fuerte oxidación que se puede producir, y de hecho se produce, en las herramientas durante dicho enfriamiento. Realmente en el enfriamiento con aire, aunque sea a presión, está demostrado que se reduce la capacidad de corte de la herramienta correspondiente.

Resumiendo: en la práctica industrial el enfriamiento de temple de los aceros rápidos se tiende a realizar en aceite y/o en baños de sales. En los últimos años se ha incrementado y fortalecido muy mucho el temple de las herramientas en hornos de vacío –*la mayoría de los más importantes talleres de tratamientos térmicos de nuestro país están equipados con hornos al vacío de última generación*– con enfriamiento mediante gases inertes a una cierta presión y velocidad de circulación.

El clásico temple en aceite ofrece unos buenos rendimientos, relativamente mejores que los que se obtienen con aire o en gas a presión, pero existe el peligro de una mayor deformación y el riego de que se produzca una elevada cantidad de austenita retenida, así como de importantes tensiones residuales en las herramientas templadas, e incluso roturas. Está confirmado que se obtienen los mejores resultados cuando el baño de aceite de temple se encuentra a una temperatura comprendida entre 80 y 100 °C.

Para evitar frecuentes deformaciones, y el posible peligro de roturas, se suelen sacar las herramientas del baño de aceite en el momento que éstas hayan alcanzado, durante su enfriamiento de temple, una temperatura próxima a 300 °C; continuando después su enfriamiento en aire tranquilo. Esto permite el enderezado inmediato de las herramientas, ya que a dicha temperatura la estructura es completamente austenítica y, por tanto, relativamente plástica.

El método de enfriamiento que ha gozado de bas-

tante popularidad por su eficacia, seguridad, y fácil ejecución, es sin duda el enfriamiento o apagado en baño de sales y/o también en baños de plomo, ya que con dicho procedimiento se eliminan al máximo los riesgos de distorsiones y oxidaciones de las herramientas durante su temple. Templadas las herramientas con esta técnica de enfriamiento, se alcanzan prácticamente iguales rendimientos que si se enfría en aceite.

Resultados que son más fáciles de conseguir, siempre que se regule la temperatura y agitación del baño refrigerante, de acuerdo con la composición del acero de la herramienta que se templa y de la velocidad de enfriamiento. Velocidad, insistimos, esencial en ese rango crítico de temperaturas comprendido entre 1.000 y 800 °C.

Las herramientas, ya calentadas y completamente austenizadas, se enfrían en un baño de sales que ha de estar a una temperatura comprendida entre 500 y 550 °C. En el baño de enfriamiento permanecerán sólo el tiempo mínimo y necesario para que iguale su temperatura con la de dicho baño; tiempo que en la práctica es de un minuto por centímetro de espesor del material en tratamiento [**1 minuto/cm**]. Luego las herramientas se sacan del baño y sigue su enfriamiento en aire tranquilo, para que lentamente se produzca la transformación de la austenita en martensita; consiguiéndose así la transformación uniformemente martensítica de toda la masa de la herramienta templada.

Desde que se extraen las herramientas del baño de apagado, es decir, desde 500 °C hasta 300 °C, el acero tiene una cierta plasticidad, ya que el material todavía está en estado austenítico y la herramienta entonces se puede enderezar sin apenas riesgo de rotura. El baño de enfriamiento ha de estar siempre a una temperatura inferior a 600 °C para evitar riesgos de fragilización en las herramientas templadas, ya que existe, a esa temperatura, la posibilidad de precipitación de carburos en los límites de grano del material que se templa.

Una práctica habitual de enfriamiento en baño de sales es el llamado: ***ciclo de temple con enfriamiento escalonado***. La práctica consiste en utilizar: (1) un primer baño de sales neutras donde se enfrían las herramientas –ya *austenizadas*– a una temperatura aproximada de 800 °C, sumergiéndola el tiempo necesario para que se igualen las temperaturas herramienta-baño –*el tiempo tiene que ser el más corto posible para evitar una eventual precipitación de carburos en los límites de grano*–; (2) paso de las herramientas, ya enfriadas a 800 °C, a un segundo baño que está a una temperatura entre 500 y 550 °C, donde permanecerán el tiempo preciso para que se igualen también las temperaturas herramienta-baño; y (3) se sacan las herramientas a continuación y se dejan enfriar en aire tranquilo.

Con este ciclo de tratamiento térmico se reducen en gran medida las tensiones de temple y se minimizan al máximo las distorsiones. Ciclo que es muy interesante efectuarlo en herramientas de difícil geometría y/o de formas muy complejas.

¡Observaciones importantes a tener en cuenta en el temple de los aceros rápidos! ...

Hay que recordar que cuando las herramientas se calientan a tan altas temperaturas poseen una muy baja resistencia, por lo que fácilmente se pueden deformar, incluso con su propio peso, si no están soportadas correctamente en los hornos de temple.

Advertimos también, por su gran trascendencia e importancia, que cuando se realice el temple de las herramientas se ha de tener la certeza absoluta de que éstas no hayan sido antes templadas, ya que cualquier herramienta que se haya de volver a templar es imprescindible realizarle un recocido previo, capaz de formar nuevos límites de grano en la masa matricial o estructura del material que sufre dicho recocido.

El recocido consiste en calentar el material ya templado –*calentamiento siempre lento*– a una temperatura comprendida entre 790 y 830 °C, manteniéndolo un tiempo determinado a dicha temperatura. Acabado el ciclo térmico se apaga el horno y se deja que el material se enfríe lentamente (≈ 10 °C/hora) hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Dos temples sucesivos sin un previo recocido intermedio, origina ciertamente un engrosamiento anormal y discontinuo del tamaño de grano en la masa matricial o estructura del material doblemente templado; **figura 15**. Fenómeno que se supone es debido a la disolución de finos carburos formados en la masa matricial martensítica, o bien bainítica, durante la segunda austenización. Está ampliamente comprobado, pues, que sin un recocido previo del material templado por primera vez, tiene lugar un crecimiento anormal y discontinuo del grano; principal

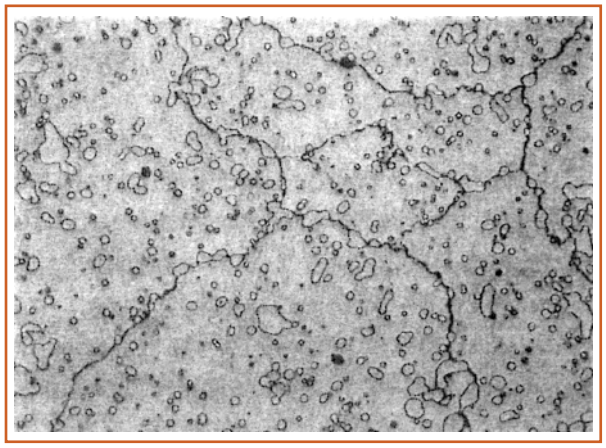


***Figura 15**. Tamaño de grano anormal, muy grueso, de un acero templado por segunda vez sin realizarle antes un recocido previo. Acero rápido **18-4-1** de fabricación convencional.*

causante de una alta fragilidad en el acero rápido que así se ha templado. Con temperaturas de temple más bajas (≈ 50 °C *menos*), frente a la temperatura primitiva de austenización, el problema se agrava sustancialmente.

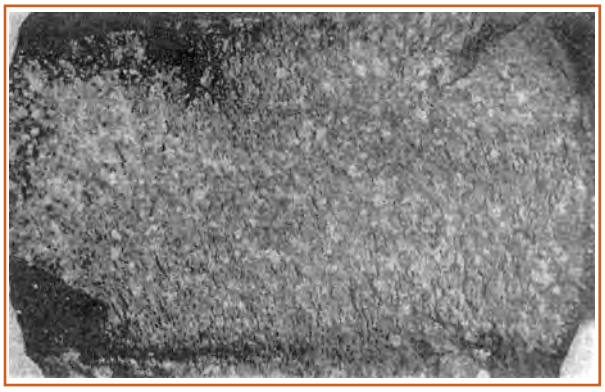


***Figura 16**. Superficie de fractura de un acero que ha sufrido un segundo temple sin recocido previo. Material del caso de la **figura 15**, en la que aparece ese grano grosero anormal y el fenómeno **FIHS-SCALE**.*

En las herramientas de acero rápido templadas por segunda vez, –*sin recocido previo*– junto al tamaño de grano grosero se observa en la superficie fracturada, como una especie de "escamas de pez" –**FIHS-SCALE***= **figura 16**– fenómeno éste que origina una muy alta fragilidad en el acero doblemente templado.

El crecimiento discontinuo y anormal de grano, insistimos, tiene lugar mayormente en el calentamiento del segundo temple; máxime, si se templa a temperaturas por debajo de la correcta del primero (≈ 50 °C *menos*). El mismo caso puede ocurrir cuando se forjan herramientas de acero rápido, que antes han sido templadas y revenidas, no teniendo la precaución de recocerlas previamente.

Favorece también la formación de este fenómeno de escamas –**FIHS-SCALE**– cuando realiza un segundo temple, sin previo recocido, sobre estructuras aciculares bainíticas ocasionadas en el primer temple del material afectado. Estructuras bainíticas que habitualmente se obtienen cuando en el temple se utilizan velocidades de enfriamiento relativamente bajas, aunque el proceso de calentamiento y austenización haya sido normalmente correcto.

El alto rendimiento de una herramienta, fabricada de acero rápido **PM** en este caso, sólo es alcanzable cuando se parte de un material de calidad y se le realiza al mismo tiempo un tratamiento térmico correcto.

(Continuará)

* Termino anglosajón, equivalente a "escamas de pez" en nuestro idioma.

metalmadrid `16

IX FERIA INDUSTRIAL de la COMUNIDAD DE MADRID

JUNTO A

ROBOMATICA

COMPOSITE SPAIN

2016

SEGUIMOS CRECIENDO. MÁS M2, MÁS STANDS, MÁS NOVEDADES...

Si tu empresa está interesada en exponer en la próxima edición 2016 consultanos en:
comercial@metalmadrid.com

www.metalmadrid.com

2015 en imágenes

MOTUL

WOLLIN

Pyrotek

Morgan

ILT PLASMA TECHNOLOGIES
www.iltplasma.com

KANTHAL
SANDVIK

SAINT-GOBAIN

ABP

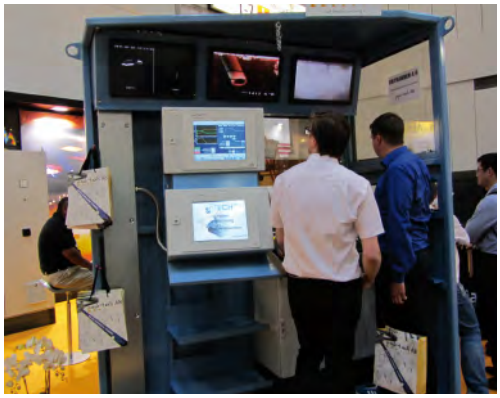
GH
heating

rautomead

INDUCTOTHERM GROUP

GHI

CERAMIC

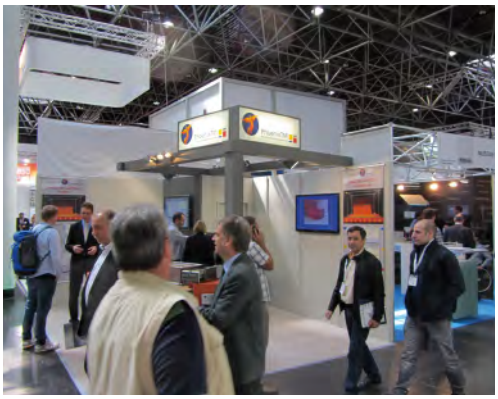


INFO

ABB

TOSÇELIK GRANUL
LOW CARBON STEEL SHOTS

KUKA



tenova

HORMESA

FLOX

Internationale Fachpresse
International Trade Press

Internationale Fachpresse
International Trade Press

TRATER
SOLO

JSC NAKAL

Perfect technology for unique solutions. MADE BY EBNER

SAFED
RICHELIN

NOXMAT

NITREX

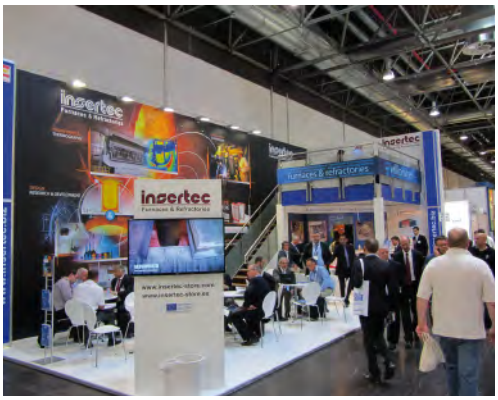
Tilting Rotary Furnaces
Dross Recycling
Don't BURN it - COOL it

Schunk

INFRAX
Making the world greener cleaner site

labecast
www.labecast.com

Promat



Hemos publicado algunas fotos de THERMPROCESS 2015. Por supuesto que sentimos no publicar todas, pero es casi imposible. Si hay alguna compañía que no figura y le gustaría publicar la suya, envíenosla y en el siguiente número la publicamos.

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

Industrial Engineer in Mechanics & MBA

15 years of work experience focused on commercial, project management and technical areas developed in different industries (foundries and steel plants, minerals, thermal insulation, automotive, aluminium & prefabricated construction structures).
Leadership in management of technical and sales teams, business development strategy and management of project departments.
Good communication and teams leadership skills, team work, organized, negotiation abilities, empathy, adaptability, result oriented, proactivity and initiative.

Ref. 12

Buscamos Ingeniero Técnico Comercial para penetración de hornos de inducción en el mercado europeo.

El candidato será responsable de la implantación y penetración de los equipos en Europa; reportando directamente a la matriz y trabajando de manera autónoma para cumplir los objetivos marcados.

Experiencia en fundición férrica de hierro y acero, y en hornos de fusión por inducción, será valorada.

Ref. 13

Técnico comercial fundición exportación

Descripción de la oferta: Dependiendo de la Dirección de la empresa, ubicada en Pamplona, se dedicará a la venta de las piezas de fundición que fabricamos y vendemos. Para ello, viajará por diferentes países y mantendrá reuniones con los distribuidores de los principales mercados en los que estamos trabajando actualmente (zona Magreb, Países Árabes, Rusia, Sudamérica, etc.).

Requisitos mínimos:
- Amplia experiencia en la venta de piezas de fundición, principalmente en el sector de la minería, así como en el de las cementeras e industria.
- Total disponibilidad para viajar a nivel internacional (90-100% de la jornada).
- Dominio de inglés, valorándose otros idiomas.
- Experiencia mínima en puesto similar de 5-8 años.
- Incorporación inmediata.

Condiciones contrato:
- 6 meses Temporal + indefinido.
- Jornada completa.
- Salario Fijo + Comisiones.

Aquellas personas interesadas en el puesto, pueden enviarnos su c.v. actualizado a la dirección de correo electrónico **rrhh@triman.es** indicando la **Ref. Fundición Export**.

Empresa de tratamientos y recubrimientos de la provincia de Barcelona busca un Técnico - Comercial para España

Deberá viajar constantemente por todo el territorio español y, esporádicamente, al extranjero.

Requisitos:
- Ingeniero de materiales o ingeniero mecánico, con experiencia en tratamientos térmicos y superficiales.
- Preferiblemente con experiencia en tareas comerciales (en industria mecánica y / o de automoción).
- Alto nivel de inglés. Se valorará francés.

Ref. 10

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

Empresa líder en el sector de Fundición precisa Técnico Comercial para España

Dependiendo de la Dirección de Ventas coordinará una cartera de clientes siendo responsable de su plena satisfacción. Contará con el apoyo del resto del equipo Nacional e Internacional para la resolución de problemas y la búsqueda de nuevas oportunidades.

Requisitos mínimos:
- Ingeniería o similar.
- Buen nivel de Inglés.
- Conocimientos del proceso de Fundición con experiencia mínima de 3 años.
- Vocación de servicio al cliente.
- Facilidad para relacionarse y trabajar en equipo.
- Disponibilidad para viajar por el territorio Nacional.
- Preferible residencia en Bizkaia.

Ref. 14

FÁBRICA DE HORNOS Y ESTUFAS INDUSTRIALES.

Situada en Barcelona precisa Ingeniero con experiencia probada, para su Departamento Técnico.

j.mir@bautermic.com

Ref. 11

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

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 S.A.
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

tenova B.M.I. El especialista en hornos para tratamientos térmicos al vacío

Temple gas y aceite
Revenido y recocido
Nitruración baja presión
Nitruración iónica
Cementación baja presión
Soldadura brazing
Sinterizado
MIM

APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L - Apdo. 4052 - 48080 BILBAO – ESPAÑA
TEL : 94.426.25.22 FAX: 94.426.22.62
info@aplitec-tt.com ; www.aplitec-tt.com ; www.bmi-fours.com

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

Emison
Grup EMISON
P.I. Can Català - Can Cabanyes, 99 - 08401 Granollers - Tf. Directo: 938 792 871
INTERNET: www.emison.com - 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 82
Fax: 93 223 26 87
customer@inoxidables.com

PYRO® CONTROLE
CHAUVIN ARNOUX GROUP
SSi SUPER SYSTEMS INC.
HITECH INSTRUMENTS LTD
TKK EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., 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 technology
Galileu 313 baixos, E-08028 Barcelona
Tel. (+34) 93 410 54 54, Fax (+34) 93 419 97 33
www.entesis.net - e-mail:info@entesis.net

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

tecno piro®

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

PROYCOTECME
HORNOS INDUSTRIALES 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

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

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

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

insertec
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 44
ACREDITACION NADCAP 15
AEROSPACE & MEETING 11
APLITEC 45
ARROLA 3
BAUTERMIC 44
BIEMH ..... Contraportada 2
BMI 45
BOREL SWISS 47
COMERCIAL SATEC 47
DEGUISA 45
EMISON 45
ENTESIS 45
FISCHER INSTRUMENTS 46
FLEXINOX 45
HEA 5
HORNOS DEL VALLÉS 25
HOT 23
INFAIMON 44
INSERTEC ..... PORTADA
INSTRUMENTOS TESTO 47
INTERBIL ..... Contraportada 4
JORNADA TECNICA 15
LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS 42
METALMADRID 35
NAKAL 46
OERLIKON LEYBOLD VACUUM ... 44
ONDARLAN 7
POMETON 44
PROYCOTECME 45
REVISTAS TÉCNICAS ..... Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 46
SAFE 17
SECO/WARWICK 44
SEMANA DEL LÁSER 9
SOLO SWISS 47
SPECTRO 47
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN ... 19
TECNYMAT 21
TECNYMAT ACEROS 46
WHEELABRATOR 46

Próximo número

DICIEMBRE

Gases especiales. Atmósferas. Fuentes de energía. Dispositivos ópticos. Equipos e instrumentos de control y medición. Hornos de temple, revenido. Lubricantes. Hornos de gas y electricidad. Tratamiento térmico de moldes. Transporte y elevación. Tratamiento de superficies. Hornos de cinta. 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

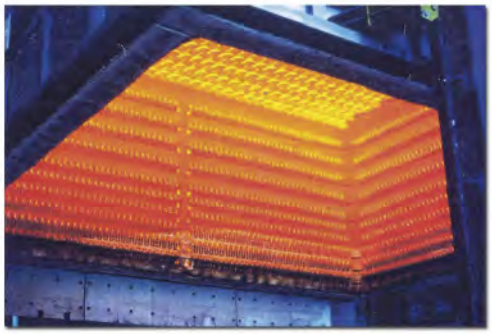
Solicítelas en: pedeca@pedeca.es

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

Hornos
Laboratorio e industriales



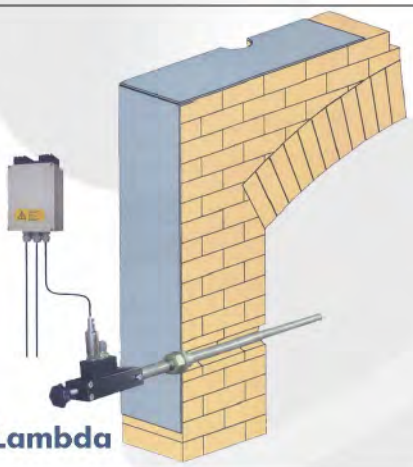
Quemadores
recuperativos y regenerativos

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

AEG
Power supply systems

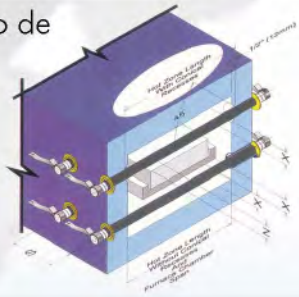
Equipos de control de atmosferas:

mesa electronic



Sonda Lambda

Carburo de Silicio



Fabricación de resistencias,
en hilo o pletina conformadas a medida segun plano.

MoSi2 (Hasta 1800°C)

Interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

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

www.interbil.es

SYSTEM CERTIFICATION ISO 9001:2000 SGS ACREDITADO POR ENAC