ESPECIALISTA EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y COMBUSTÓN

Sondas de oxígeno para Tratamientos Térmicos y Combustión

Sistema de monitorización de temperaturas Datapaq

Sistemas de control

EUCON

Hornos Elterma

Software de supervisión y gestión

Analizadores de Gases

Contratos de mantenimiento

COMPAÑÍA EUROPEA DE EQUIPOS DE CONTROL, S.A.

Apartado 46 - Parque Empresarial Villapark - Avda. Quitapesares, 8, Nave 8
Tel.: 91 616 58 14 - Fax: 91 616 57 83
28670 Villaviciosa de Odón (Madrid) - E-mail: div.industrial@grupoeucon.com

TRATER PRESS

JUNIO 2008 • Nº 5

TRATER Press

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

JUNIO 2008 • Nº 5

Potencia eficiente:
el nuevo Turbo(2) Treater.

We deliver performance. Ipsen

Pujol

Hornos Industriales Pujol, S.A.

Desde 1911

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

- Hornos de Tratamiento Térmico.
- Hornos de campana y pote.
- Hornos intermitentes de solera móvil y fija, con y sin atmósfera controlada.
- Hornos continuos, con y sin atmósfera controlada.
- Estufas de convección de alto rendimiento.
- Quemadores y equipos de combustión.
- Automatismos y cuadros de Regulación y Control.
- Transformaciones y reparaciones de refractario.

Tel. 93 685 56 72
Fax 93 685 53 92
C. del Plà, nº 108-110
Pol. Ind. El Pla - 08980
Sant Feliu de Llobregat
Barcelona
www.arrakis.es/~hipujol

INFORMACIÓN DE CALIDAD

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

6 NÚMEROS ANUALES

90 € (I.V.A. incluido) Edición Nacional

115 € (I.V.A. incluido) Edición Internacional

5 NÚMEROS ANUALES

65 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

85 € (I.V.A. incluido) Ed. Internacional

9 NÚMEROS ANUALES

115 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

150 € (I.V.A. incluido) Ed. Internacional

6 NÚMEROS ANUALES

90 € (I.V.A. incluido) Ed. Nacional

115 € (I.V.A. incluido) Ed. Internacional

PEDECA Press Publicaciones

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

www.pedeca.es

Nuestra Portada

Eficiencia al cuadrado: el nuevo Turbo²Treater.

El nuevo Turbo²Treater de Ipsen es el mayor exponente de los nuevos niveles de eficiencia que ofrece el temple al vacío. También en su empresa puede suponer una reducción significativa de los costes gracias a su bajo consumo energético, a su potencia de enfriamiento máxima y a una uniformidad modélica en los resultados del tratamiento.

Nuestro programa de Hornos incluye:

Hornos de temple
Hornos de Revenido
Hornos de cementación
Hornos de nitruración
Hornos de vacío
Hornos con atmósfera controlada
Hornos continuos

Si desea ponerse en contacto con nosotros

IPSEN INTERNATIONAL GmbH
Flutstraße 78
D-47533 Kleve
Teléfono 0049-28 21-804-518
e.mail: Marcos.Garcia@Ipsen.de
www.ipsen.de

Sumario • Junio 2008 - Nº 5

Editorial 2

Noticias 4

APLITEC: Todo para hornos de TT • Nuevo software "EasyKool" • Video-registrador "Low cost" • Exponor prepara EMAF 2008 • Software de dimensionado de válvulas de control • Barflex IrDA - Manómetro de Presión • Terminales Magelis XBT • Sistema automático flexible.

Artículos

- En recuerdo de José María Palacios - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* 10
- Breve comentario sobre el libro "TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS MATERIALES METÁLICOS" de Manuel Antonio Martínez Baena y José María Palacios Repáraz - *Por Juan Martínez Arcas* 16
- Sistema de control por impulsos: Eificiencia en el control - *Por David Agustí Montins* 18
- Más inteligencia para una mayor eficiencia: la solución de hardware y software para el control de procesos VacuProf® 4.0 20
- AIN organizará el próximo Congreso TRATERMAT 2010 21
- Fórum de Arcas - *Por Juan Martínez Arcas* 22
- Novedades en ECM, fabricante de hornos industriales 23
- El sector aeronáutico y espacial vasco supera sus expectativas con un crecimiento del 15% de la facturación y un 14% del empleo 24
- AFC-HOLCROFT abre una sucursal en Europa 25
- La Junta de Andalucía apoya el mecanismo para el control de satélites patentado por ADS 26
- ALLNIT®, la nitruración a baja presión por excelencia - *Por APLITEC* 27
- Algunas consideraciones sobre el endurecimiento másico de las piezas de acero (y Parte II) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* 30
- Tratamientos Térmicos en Superficies (Parte I) - *Por Gabriel Esteller Lores* 35

Guía de compras 45

Empleo 47

Indice de Anunciantes 48

Director: Antonio Pérez de Camino
Publicidad: Ana Tocino
Administración y Suscripciones: Carolina Abuin

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

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

Diseño y Maquetación: **José González Otero**
Creatividad: **Víctor J. Ruiz** • Impresión: **VILLENA**

Redactor honorífico: José María Palacios

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

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

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

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

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

Editorial

Don José María Palacios

Este editorial se lo dedico a D. José María, qué menos se puede hacer por una persona que lo ha dado todo por los Tratamientos Térmicos.

Recuerdo cuando le conocí, hace ahora unos 16 años, en un Tratermat en Sitges al que yo acudía por primera vez. Me dijo que el sector necesitaba personas jóvenes y que quería fomentar en los estudiantes la formación, las visitas a empresas del sector y la asistencia a congresos. En aquella ocasión también, me hizo referencia a que sólo había una mujer en el Congreso y que creía que debería haber más, que no era en absoluto un sector masculino. En los siguientes, cada 2 años más o menos, siempre me decía "ves, ya hay más jóvenes y más chicas"... Y qué razón tenía, en este último Tratermat celebrado en Valencia y al que ya no pudo asistir, no me lo dijo él sino que me transmitió esa curiosidad y creo que estábamos un número muy parecido de hombres como de mujeres. Le hubiera gustado verlo.

Persona admirada, leída y escuchada con atención, ha sido un apasionado del sector y ha dedicado toda su vida a ello. Aún con su avanzada edad viajaba a un ritmo envidiable, siempre con buena cara, su particular alegría y buen humor.

D. José María, ahora sí que vamos a echarle de menos, pero como buen profesor nos ha dejado sus conocimientos en el libro que junto con su compañero y amigo D. Manuel Martínez Baena, acaban de publicar. Quedan 2 volúmenes por editar y a buen seguro que será una buena referencia para "sus jóvenes".

Podríamos escribir páginas y páginas, como también se publica en esta misma revista de la mano de D. Manuel Martínez Baena, pero para los que no le conocieron o le conocieron poco, sirvan de "currículum" extenso y completo.

Para terminar, quiero agradecerle personalmente lo que ha hecho por el sector, por las empresas, por la formación y en particular por nosotros.

Mis más sinceras condolencias a su mujer Begoña, a sus hijos y a su querido nieto, que sepan que pueden estar orgullosos de su marido, padre y abuelo.

Hasta siempre D. José María.

Antonio Pérez de Camino

Hornos
Laboratorio e industriales

- Manta de Fibra ceramica
- Placas de Fibra ceramica
- Modulos de Fibra ceramica
- Etc...

NUTEC FIBRATEC

Quemadores
recuperativos y regenerativos

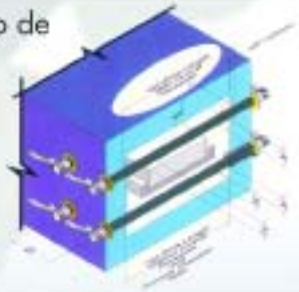
WS

STANGE

Reguladores de Potencia
a Tyristores:

AEG
Power supply systems

Carburo de Silicio



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

MoSi2 (Hasta 1800ºC)

Interbil

www.interbil.es

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

P. I. Sangròniz, Iberre 1-M5
E-48150 SONDICA (Vizcaya)
Tel.: 944 535 078
Fax: 944 535 145
bilbao@interbil.es

SGS

APLITEC: Todo para hornos de TT

APLITEC presentó en la BIEMH su amplia gama de materiales y hornos para tratamientos térmicos.

Mostró cestas y parrillas de fundición de Boutte Fonderie, materiales mecano soldados de acero refractario de RD Technologies, sonda de oxígeno Econox y hornos de atmósfera Codere para cementación, temple en aceite y sales.

También expuso el Bmicro de BMI Fours Industriels, horno de vacío muy compacto, en varios tamaños desde ø 200 x 300 mm hasta ø 300 x 450 mm. Puede realizar tratamientos de hasta 1.250 °C en estándar, con 6 bar de presión de enfriamiento y un vacío de hasta 5 x 10-2 mbar, 5 x 10 –6 en opción.

Info 1

Nuevo software "EasyKool"

Si el rendimiento de un sistema de refrigeración disminuye o se registra un error, puede ser debido a diversas causas: aire en el circuito, fugas de refrigerante, evaporadores y condensadores sucios, etc.

Si se registran las presiones y temperaturas durante un largo periodo de tiempo no resulta necesario vigilar el sistema durante muchas horas seguidas. Dichos registros se analizan mucho más rápidamente en un PC.

Los analizadores de refrigeración testo 556 y testo 560 registran todas las lecturas de forma fiable. Su capacidad de memoria es de 60.000 lecturas y son capaces de registrar largas series de mediciones durante varios días sin ningún tipo de problema.

El software "easyKool" puede gestionar los datos de los clientes, incluyendo la información de las instalaciones. Los datos relativos a las reparaciones o intervenciones en sistemas de refrigeración, se asignan fácilmente al cliente correspondiente. Los datos más importantes tales como dirección, sistema, refrigerantes y fecha se integran automáticamente en la tabla o la gráfica.

El software contiene todos los refrigerantes habituales, pudiéndose actualizar desde la página web de Testo. Los testo 556

y 560 pueden almacenar los datos de hasta 40 refrigerantes. Se pueden transferir desde el software la totalidad o sólo los refrigerantes seleccionados de la lista, para que cada instrumento se cargue con sólo los refrigerantes necesarios.

- Lectura y eliminación del contenido de la memoria del analizador.
- Mediciones online.
- Gestión de refrigerantes.
- Importación de datos desde, p.ej. Excel.

Info 2

Video-registrador "Low cost"

ENTESIS technology, S.L. anuncia el lanzamiento de la última generación de registradores sin papel low cost: el "Pyrotracer C.A 650LV" de su representada Pyro-Contrôle.

Esta nueva versión mantiene la calidad de la pantalla (6.1" color TFT) y los 3 ó 6 canales de entrada universales y totalmente aislados entre sí, que pueden configurarse desde el propio equipo o desde el programa de "setup" y equipados de un convertidor de 18 bit para asegurar unas mediciones extremadamente precisas. También cabe desta-

car el tiempo de muestreo, de solamente 200ms por canal.

Cada canal de entrada dispone de un identificador, un color en la pantalla y dos alarmas. Las funciones de menú y de ayuda están disponibles en cinco idiomas: español, francés, inglés, alemán e italiano. Se dispone de una variedad de modos operativos y de funcionamiento: presentación vertical u horizontal, modo histórico, histogramas, relación de alarmas, etc.

Info 3

Exponor prepara EMAF 2008

Del 12 al 15 de Noviembre de 2008, Exponor, recinto ferial de Portugal, celebrará la 12ª edición de EMAF, Exposición Internacional de Máquinas, Herramientas y Accesorios.

EMAF, exposición de carácter bienal, se ha consolidado como uno de los eventos de referencia del sector industrial, no sólo por presentar las últimas novedades en máquinas, herramientas y accesorios, sino porque se ha caracterizado por ser una plataforma ideal para los negocios a nivel internacional.

Los visitantes a EMAF podrán encontrar desde maquinaria, herramientas y accesorios industriales en limpieza industrial, logística y transporte, metalurgia, metalmecánica y equipos de se-

EXCELENCIA EN TRATAMIENTO TÉRMICO

PINTURAS PROTECTORAS PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS "CONDURSAL"
• ANTICEMENTANTE
• ANTINITRURANTE
• ESTANQUEIDAD

ACEITES RÁPIDOS DE TEMPLE "DURIXOL":
• ACEITES DE TEMPLE RÁPIDO
• ACEITES DE TEMPLE CON ALTA RESISTENCIA A LA EVAPORACIÓN
• ACEITES PARA TEMPLE MARTENSÍTICO
• ACEITES DE TEMPLE PARA VACÍO

• POLÍMEROS DE TEMPLE, "SERVISCOL Y POLYQUENCH"
• AGENTES LIMPIADORES, "SERVIDUR"
• ACEITES ANTICORROSIVOS Y PAVONADO, "SERVITOL"

COMERCIAL SATEC, S.L.
P.A.E. ASUARAN Edificio Enekuri, nave 9
48950 ERANDIO (Vizcaya)
Tel: 94 471 16 63 • Fax: 94 471 17 41
info@comercial-satec.com • www.comercial-satec.com

guridad, hasta las últimas tendencias en robótica e informática industrial.

Simultáneo a la realización de EMAF, Exponor celebrará SIMIEX, 9º Salón Internacional de manutención Industrial, PORTUGAL METAL, 12º Salón de Productos de Metalurgia y Metalmecánica e INTERINDUSTRIA, 6º Salón de Productos y servicios para la Industria.

En la edición anterior, EMAF recibió, en una superficie de 23.734 metros cuadrados, a cerca de 40.000 visitantes y contó con un total de 1.629 expositores.

Info 4

Software de dimensionado de válvulas de control

IBERFLUID INSTRUMENTS presenta el HVS "Habonim Valve Sizer" una herramienta de software única que simplifica la tarea de seleccionar el perfecto conjunto de Válvulas de Control ProfiXtm, para cualquier condición de servicio.

El HVS tiene acceso a una base de datos de más de 5.800 fluidos.

Precisos cálculos de Cv de pro-

ceso, porcentaje de apertura de válvulas, velocidad, alerta de condiciones críticas y una predicción de los niveles de ruido, son sólo algunas de las muchas funciones proporcionadas por el HVS.

Cabe destacar su corrección dinámica de Cv en base a las conexiones de proceso, tamaño de tuberías, etc.

El HVS recopila todos los datos de ingeniería de la configuración de la válvula de control en un informe de fácil comprensión, así como también en formatos ISA y otros.

Info 5

Barflex IrDA – Manómetro de Presión

Con el Barflex, la división de Procesos de Instrumentación de Baumer ofrece un manómetro de presión portátil con memoria integrada para la recopilación de datos in-situ.

La información recopilada puede ser transferida a cualquier PC vía interfase de infrarrojos. El dispositivos es de muy fácil manejo y apropiado para la medición de líquidos y gases.

El manómetro está cubierto con una capa de Epoxy-aluminio siendo ideal para mediciones de campo. Además, el transmisor de presión, está basado en la tecnología Transbar permitiendo la medición en casi cualquier medio.

Instalado en un punto que permite la medición de la presión durante el proceso, el Barflex IrDA proporciona la adquisición automática y continua de los datos. Puede grabar hasta 16.000 puntos máximos en diferentes intervalos. La toma de datos varía entre 0.5 segundos hasta una hora. Debido a esta característica, es posible realizar tanto una medición rápida como precisa. Los datos de exportación se llevan a cabo mediante un Standard de interfase en infrarrojos. El software suministrado para la visualización de los datos es compatible con Windows 98, 2000, XP y sistema Vista.

El manómetro de presión ofrece un rango de medición de 1 a 400 bar, tanto diferencial o absoluta. Baumer también puede proveer dispositivos con un rango de medición superior a 1.000 bar, bajo solicitud. Las unidades disponibles son mbar, bar, kPa, Mpa, psi y kg/cm^2, con una precisión de ±0.25 por ciento del rango de medición y ± 1 del punto de la pantalla.

El Barflex IrDA memoriza automáticamente las presiones máximas y mínimas que aparecen en la pantalla. Esto permite un

El Barflex IrDA es un manómetro de presión portátil con memoria integrada que permite la transferencia y recopilación de datos a cualtuier PC vía interfawse de infrarrojos. Foto: Baumer.

fácil análisis de las condiciones de la presión en el campo de medición. El dispositivo se ajusta a los requisitos CE 89/336 y 97/23, también se puede efectuar pruebas de fuga.

Info 6

Terminales Magelis XBT

Schneider Electric con su marca Telemecanique, líder para la automatización y el control industrial, pone a su disposición los terminales Magelis XBT GTW y Magelis XBT GK.

Ante la necesidad de los clientes que requieren la apertura de Windows XP en sus dispositivos HMI, la compañía ha creado Magelis XBT GTW. La nueva ga-

ma incluye dos equipos, de 8.4" y 15", que ejecutan Video Designer sobre plataforma Windows extendiendo las capacidades HMI gracias a las características inherentes al sistema operativo.

De esta manera permite, entre otras cosas, la ejecución simultánea de Vijeo Designer runtime y otras aplicaciones propias del usuario.

En cuanto al aspecto visual y de gestión de datos, la disponibilidad de Windows como soporte del runtime enriquece las aplicaciones de diálogo operador, ya que éstas aprovechan las funciones multimedia, la compatibilidad con archivos ofimáticos y la capacidad de navegación web. Todo ello, completamente integrado en Vijeo Designer.

Magelis XBT GTW está orientado a usuarios finales que requieren una extensión a Windows del entorno Vijeo Designer, para aplicaciones de gran contenido gráfico o elevados volúmenes de datos históricos.

Como complemento de la gama existente de terminales táctiles Magelis XBT GT, también se ha creado Magelis XBT GK, disponible en 5.7" y 10.4".

Está basado en la tecnología XBT GT y es configurable a partir de Vijeo Designer versión 4.6. Incorpora, además de la zona táctil, un completo teclado alfanumérico, teclas de función estáticas y dinámicas, y un ratón industrial. Su gran robustez lo convierte en un interface indicado para entornos agresivos donde la operativa mediante matriz táctil no es recomendable. Ha sido diseñado teniendo en cuenta la facilidad de sustitución de equipos ya instalados. Por ello, sus dimensiones externas son idénticas a las de los Magelis XBT F equivalentes.

Info 7

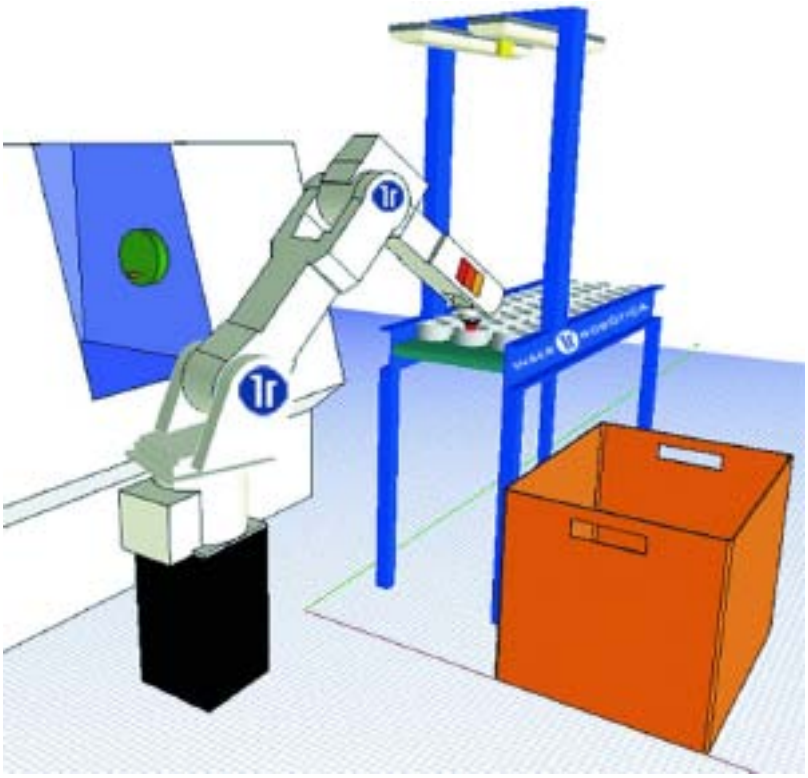
Sistema automático flexible

Inser Robótica ha desarrollado un sistema robotizado altamente flexible y capaz de manipular piezas diversas con tiempos de preparación cortos y alta productividad, combinando las prensas hidráulicas y/o demás máquinas necesarias con robots industriales, sus accesorios y el software correspondiente.

La principal novedad de estas células donde uno o varios robots cargan y descargan piezas en un horno (torno, prensa, plegadora, horno, punzonadora..., etc.) radica en la integración de un sistema de visión artificial que asegura una elevada flexibilidad en todo momento y garantiza la calidad del proceso.

Gracias a este sistema flexible de fabricación, Inser Robótica S.A. está en disposición de ofrecer a sus clientes la posibilidad de fabricar piezas en series largas o cortas, en condiciones muy competitivas, tanto en costo y calidad como en capacidad de respuesta.

Info 8



testo

Compromiso con el futuro

testo 6740

Medición fiable de trazas de humedad

Temperatura de punto de rocio

Transmisores de punto de rocio testo 6740, mediciones en presión para evitar averías en sistemas de aire comprimido

- Rango de medición de -60 a +30° Ctpd
- Salida analógica de 4 a 20 mA (2 hilos)
- Ajuste local con estabilidad a largo plazo
- Cálculo de otros parámetros de humedad
- Indicación local opcional
- 2 salidas de alarma opcionales

También medición atmosférica para garantizar la calidad del aire de la aplicación

Solicite información a:
Instrumentos **testo** S.A.
Zona Industrial c/B nº 2
08348 Cabrils (Barcelona)
Tel: 93 753 95 20 - Fax: 93 753 95 26
www.testo.es - info@testo.es

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

REPRESENTANTE PARA ESPAÑA Y PORTUGAL
Tecnymat Aceros, S.L.
Polígono Industrial Izarza - 48150 Sondika (Vizcaya)
Teléf.: 944 710 035 - Fax: 944 710 227
tecnymat@telefonica.net

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS
GmbH & Co. KG

En recuerdo de José María Palacios

Por Manuel Antonio Martínez Baena. Barcelona Junio 2008

El día 17 de mayo falleció en Loiu (Vizcaya) el profesor José María Palacios Reparaz, después de una dilatada vida dedicada a la ingeniería metalúrgica; disciplina, de la que era uno de los más relevantes y acreditados especialistas, que cultivó en paralelo con la docencia y la investigación. Numerosas generaciones de ingenieros industriales recuerdan, gratamente, al profesor Pala-

cios en su faceta de docente en la Escuela de Bilbao, donde ocupó durante largo tiempo la Cátedra de Metalurgia.

Alavés de nacimiento, José Mª Palacios hizo su carrera profesional en Bilbao, después de completar brillantemente sus estudios de ingeniero industrial en esta ciudad. Ese mismo año [1952] comenzó su andadura profesional en la firma S.A. ECHEVARRÍA, empresa dedicada a la fabricación de aceros finos, como ingeniero del Departamento de Hornos, donde completó su carrera como director de investigación y desarrollo.

Por sus méritos profesionales y académicos fue elegido representante en la CECA desde el inicio de la anexión de nuestro país a la Unión Europea hasta la finalización del tratado de Roma. Responsable directo de la integración de los programas Europeos de I+D en el acero en el marco general, realizó una ingente y provechosa labor de integración de la investigación siderúrgica en el marco de la investigación europea de primer nivel.

Entre otros muchos cargos, el profesor Palacios fue el primer presidente de los Laboratorios de Investigación de LABEIN, a partir de la incorporación de la entidad al primer Gobierno Vasco, y mantenía su estatus de Presidente Honorario de dicha entidad. Presidente del CNT-36 de Normalización Siderúrgica de AENOR. Presidente de la Comisión de Acerías del Comité de Tecnología de la Industria Siderúrgica Española. Miembro distinguido de la AECC –Asociación Española para el Control de la Calidad–. Miembro del Comité Consultor de ITEA –Instituto Técnico de Construcción de Acero– y un largo etc.

Los galardones recibidos durante su dilatada vida profesional fueron abundantes y entre ellos destaca el Premio Manuel Torrado Varela, que concedía el ATEEM a los trabajos más sobresalientes de investigación metalúrgica. En 1962 le fue concedido por su trabajo titulado: ¨La maquinabilidad de los aceros utilizados en la industria nacional del automovilismo¨. Ya unos años antes, en 1960, le otorgaron también el 1º Accésit del mismo premio por su trabajo titulado:¨La influencia del estaño en los aceros para muelles¨.

Como miembro del Comité Ejecutivo y Técnico de ATEEM –Asociación Técnica Española de Estudios Metalúrgicos– participó de forma muy activa, desde su creación en el año 1978, en todos los congresos de TRATERMAT. Persona apasionada y entusiasta de los tratamientos térmicos, conocía muy a fondo el mundo tratamentista donde tenía grandes amigos que lo consideraban, dentro del sector,

Por primera vez viene a Bilbao el premio "MANUEL TORRADO"

Lo ha obtenido el ingeniero don José María Palacios

LA investigación industrial tiene en Vizcaya una de sus principales figuras en don José María Palacios Repáraz, que ahora acaba de conseguir el primer premio, "Manuel Torrado", de la Asociación Técnica Española de Estudios Metalúrgicos. Un galardón de máxima importancia, instituido ya hace varios años y que, ahora por primera vez desde su fundación, llega a Bilbao.

Joven, incluso con un aspecto físico que no le hace representar los 35 años que tiene, el señor Palacios se ha ganado el respeto y la admiración de sus compañeros. Hace dos años obtuvo el segundo premio en la competición, en la que esta vez ha alcanzado la cumbre, y su experiencia en las materias que trata, se encuentra fundamentada por largos años de trabajo en la fábrica Echevarría y en diversos centros del extranjero.

Su interés por la investigación le ha llevado a un campo que cuenta en España con escaso desarrollo, debido, principalmente, a imperativos de índole económica. La investigación sólo rinde a largo plazo, y resulta costosa. Circunstancias ambas que deciden a muchas empresas a prescindir de tal departamento, confiando sus intereses a la investigación extranjera y al envío de personal a países donde puedan procurarse los conocimientos más avanzados.

Investigación

Echevarría, por ejemplo, posee un laboratorio de investigación, que estudia y aplica procesos descubiertos por empresas asociadas extranjeras. De esta manera, resulta posible mantenerse en primera línea del progreso industrial, evitando desembolsos que resultarían intolerables en nuestra actual ordenación económica. Uno de los hombres más destacados de este laboratorio es, precisamente, el ingeniero premiado. Aquí ha obtenido su triunfo, trabajando entre estas paredes, y sobre estas mesas repletas de instrumentos desconocidos. Le preguntamos:

—¿Cuál ha sido el tema del trabajo galardonado?

--"Maquinabilidad de los aceros utilizados en automovilismo". Lo elegí viendo el gran interés que tenía la industria española del automóvil, por alcanzar un ritmo de trabajo y de velocidad de corte, análogos a los que se consiguen más allá de nuestras fronteras

—¿Tiene importancia?

--Mucha, especialmente ahora, que se habla de la incorporación de España al Mercado Común. Empleando los aceros en buenas condiciones de maquinabilidad, se puede impulsar mucho la velocidad de trabajo de las máquinas herramientas, reduciéndose los costes y aumentando la producción.

En su laboratorio, el ingeniero premiado se entrega a las tareas que le han merecido el alto galardón que, por primera vez, viene a Bilbao. (Foto CLAUDIO hijo.)

—¿Cómo preparó la investigación?

--Efectuando, primero, una lenta labor de recopilación bibliográfica referente al tema, y adquiriendo, después, las máquinas y aparatos necesarios para el estudio.

—¿Encontró dificultades?

--Sí, bastantes. Los aceros son, en cierto modo, difíciles de medir y de experimentar. No se obtienen, como en otras experiencias, valores numéricos directamente reproductibles.

Problema

Naturalmente, el señor Palacios siente de lleno el actual problema de la investigación en España. Por una parte, con tantos vacíos, y por otra, como en el caso de los laboratorios de Olaveaga, meritoriamente enfocados, pero poco conocidos por los mismos industriales vizcaínos, y con una labor destacada, pero todavía insuficientemente apreciada. Por ello, termino preguntándole:

—¿Cómo ve usted la investigación en la industria española?

--Creo, sinceramente, que tiene que incrementarse, o no podremos competir en los mercados internacionales. Pero pienso que nuestra labor, más que de investigación pura, debe ser de adaptación de las experiencias de otros laboratorios de primera línea a nuestras empresas, y de aplicación de las modernas técnicas a nuestros procesos industriales. En este sentido, opino que nuestro trabajo puede tener una eficacia extraordinaria en la reproductividad de las empresas españolas.

El señor Palacios saldrá dentro de unos días hacia Alemania, para ampliar su ya vasta formación en unos laboratorios de Krefeld. Buena prueba de su dinamismo científico.

Vicente Talón Ortiz.

MÁQUINAS DE LAVADO
Y DESENGRASE INDUSTRIAL
PARA TODO TIPO DE PIEZAS
HORNOS INDUSTRIALES
HASTA 1300ºC
ESTUFAS ESTÁTICAS Y CONTINUAS
HASTA 600ºC PARA CALENTAR Y SECAR
Fabricamos:
-HORNOS Y ESTUFAS PARA:
- Templar, - Secar, - Fundir ...
-INSTALACIONES DE PINTURA:
- Lavado, - Fosfatado, - Pintado ...
INSTALACIONES PARA EL
PINTADO DE PIEZAS DIVERSAS
-MÁQUINAS PARA TRATAR SUPERFICIES:
- Lavar, - Desengrasar, - Fosfatar, - Secar ...
Bautermic
Tel: 933 711 558 - Fax: 933 711 408
www.bautermic.com
e-mail: comercial@bautermic.com

TRATER Press
Suscripción anual 2008
6 números
90 euros
TRATER Press
Soluciones
Insertec
pedeca@pedeca.es
Tel.: 917 817 776
Fax. 917 817 126

SSi
Equipos para la medida, regulación, control y supervisión de gases en hornos de tratamientos térmicos.
La superior calidad y el mejor precio de las sondas de oxígeno GOLD PROBE® de SUPER SYSTEM Inc de Cincinnati (USA), están complementados con la garantía de un año a contar desde la fecha de puesta en servicio.
Reparamos las sondas de oxígeno con repuestos originales y las calibramos en un horno de ensayos SSI. Complementamos la garantía de las sondas de oxígeno SSI con una limpieza y revisión gratuitas.
ENTESIS
Galileu, 313
08028 BARCELONA
Tel.: +34 93 410 54 54
Fax: +34 93 419 97 33
http://www.entesis.net
e-mail: info@entesis.net
¡Nuestro objetivo es su éxito!

BREVE CURRÍCULUM DE DON JOSÉ MARÍA PALACIOS REPARAZ

GRADOS ACADÉMICOS

- Ingeniero Industrial por la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad del País Vasco: año 1952.
- Grado de Doctor por la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad del País Vasco: año 1965.
- D.G. en Administración de Empresas por el EISE de la Universidad de Navarra: año 1975.

ACTIVIDADES

- Catedrático de Metalurgia de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad del País Vasco: desde el año 1972.
- Director del Dpto. de Ingeniería Minero y Metalúrgica y Ciencia de los Materiales.
- Miembro del Consejo de la Universidad del País Vasco.
- Ingeniero y Director Metalúrgico de S.A. Echevarría: años 1952-1970.
- Director Gerente de PRONINSA.
- Presidente de LABEIN –Laboratorios de Ensayos e Investigaciones Industriales–.
- Director de la implantación del Dpto. I+D en ACENOR; más tarde SIDENOR.
- Miembro del SERDEC de la EC en Bruselas, representado a España. SERDEC es el comité de expertos siderúrgicos de la EC.
- Colaboración en más de 30 proyectos con LABEIN.
- Colaboración en diversos proyectos en la ESII. Entre ellos director de trabajos para el EC en relación al HEA –Horno Eléctrico de Arco– a través de EUSKOIKER.
- Miembro de la Fundación LABEIN. Colaboración activa en gestiones con la industria siderúrgica.
- Miembro de diversos Institutos y Asociaciones Metalúrgicas extranjeras y nacionales.
- Antiguo consejero de INASMET. San Sebastián.
- Antiguo consejero del CENIM. Centro de Investigaciones Metalúrgicas de CSIC.

toda una ¨institución¨. Su espíritu de colaboración, siempre estuvo presente y en constante conexión con los hombres del tratamiento térmico, desde esa tribuna que es el editorial de las revistas especializadas.

Imposible resumir aquí, como quisiéramos, todo cuanto podríamos añadir sobre la fecundísima labor profesional y docente de José Mª Palacios, desde los inicios de su carrera. Autor de varios libros, infinidad artículos y comunicaciones, su asistencia a congresos por toda Europa y América fue muy frecuente.

En una de sus conferencias, pronunciada en el Aula Magna de la Universidad de Barcelona, dentro del XVII ciclo de conferencias que celebraba el ATEEM allá por el año 1961, acababa diciendo estas palabras que tan bien lo definían: ¨No sé dónde leí una vez que: en hacer algo por los demás, en servir a los demás, ha conquistado siempre la nobleza, que no puede significar más que servicio. Mi intención y anhelo ha sido prestarlo… ¡quiera Dios que lo haya logrado!¨.

La noticia de su fallecimiento ha sido un duro golpe para todos sus amigos, colegas y compañeros. El tópico aquél de ¨que se van los mejores¨ puede confirmarse y hacerse real en su persona. El recuerdo dejado es entrañable y ello nos anima a escribir estas pocas líneas dedicadas a él y a la familia Palacios Taubmann, por su gran significado entre nosotros.

¨Don José María¨ fue mi jefe, mi amigo y mi maestro en S.A. ECHEVARRÍA. Acaso sea la consideración de amigo la que debe primar y destacar en estas notas, porque lo recuerdo como un gran y verdadero amigo y siento profundamente su pérdida, a una edad en que la salud, la experiencia y el conocimiento se suelen unir para ofrecer realidades de éxito.

Uno tiene la costumbre de agradecer todos los momentos de camaradería y solidaridad que sólo ofrecen los auténticos amigos, y yo agradezco ahora los muchos momentos que, a lo largo de tantos años, tuve la suerte de compartir con ¨Don José María¨… Gracias profesor, por el privilegio de haber contado con tu amistad.

A través de estas líneas expresamos nuestro más profundo pesar, condolencia y cariño a su esposa Begoña y a sus hijos Juan y Begoña, por la pérdida de quien en vida fue un entrañable, admirado e ilustre amigo para el que pedimos, con toda la fuerza que nos da su recuerdo, una oración… Descanse en paz ¨Don José María¨.

PUBLICACIONES

- Libros: 5.
- Artículos: Más de 200. Últimamente artículos preferentemente en los siguiente áreas: Difusión sobre los aceros y productos de aceros normalizados.
- Capítulos del próximo libro ¨Tratamientos Térmicos de los Materiales Metálicos¨.

CONGRESOS, CONFERENCIAS, ETC.

- Más de 50 trabajos presentados en España: Congresos Españoles.
- Más de 20 trabajos presentados en Europa y América: Congresos Internacionales.
- Más de 50 conferencias y cursos.
- Asistencia a numerosos Congresos sobre aceros, su producción y empleo.
- En varios casos, parte activa como miembro de los Comités de Organización, Comités Científicos, etc. tanto en España como en el extranjero: París y Dusseldorf.

EDUCACIÓN

Formación, en diversos países y distintos Centros:

- Laboratorio Metalúrgico Phillips. Eindhoven: Holanda.
- Lab. I+D de Firth Brown de Sheffield: Inglaterra.
- Lab. I+D de DEW de Krefeld: Alemania.
- Lab. I+D de Inland Steel. East Chicago: USA.
- Antiguo miembro del "Institute of Metals" de Londres.
- Antiguo miembro del AIM [Asociación Italiana de Metalurgia].
- Antiguo miembro del ISS: USA.

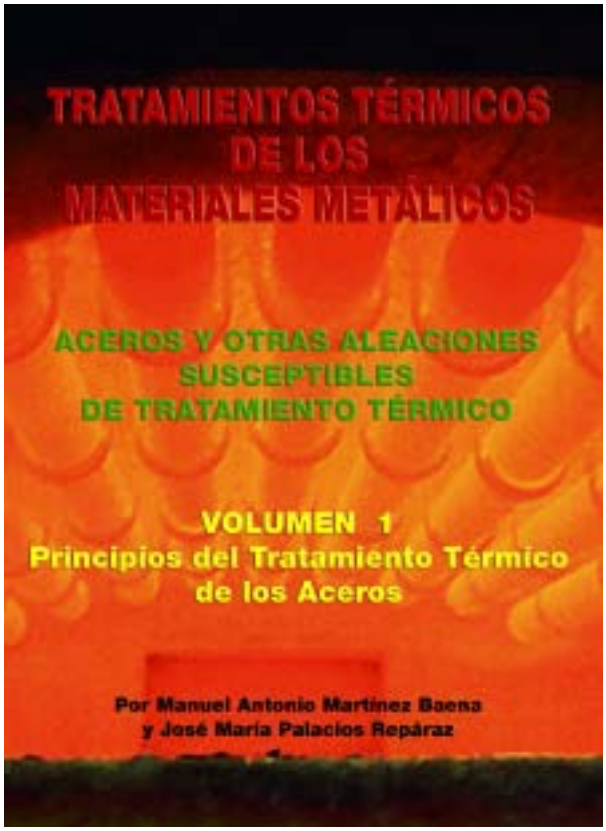
PRINCIPALES DEDICACIONES ACTUALES

- Profesor Emérito de la ESII de la UPV.
- Miembro del Comité Ejecutivo de la Tecnología de la Industria Siderúrgica Española: UNESID.
- Presidente del CTN-36 Normalización de Aceros de AENOR.
- Consultor empresas siderúrgicas [SIDENOR; VICINAY; PRODUCTOS TUBULARES; SIDERBALBOA; etc.].

Breve comentario sobre el libro "TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS MATERIALES METÁLICOS" de Manuel Antonio Martínez Baena y José María Palacios Repáraz

Por Juan Martínez Arcas

A punto de finalizar la lectura del volumen 1, me llega la triste noticia del fallecimiento de nuestro gran amigo, maestro y querido compañero D. José María Palacios Repáraz, su gran corazón que siempre fue capaz de prodigar afecto para todos no ha podido continuar latiendo.



Que sea este breve comentario del libro en cuestión como un homenaje y a la vez poder dar mi más sincero pésame a su esposa, familia y a toda la comunidad Metalúrgica.

Sobre este volumen 1 (Pricipios del Tratamiento Térmico de los Aceros) y como comentan sus autores, realmente es el resultado de una serie de importantes charlas impartidas a técnicos, mandos de taller etc, a lo largo de muchos años.

En otras ocasiones también se beneficiaron alumnos de ingeniería y de formación profesional, así como artículos en revistas, Jornadas, Congresos, etc.

Creo que la idea de recopilar y estructurar todo lo expuesto ha sido muy brillante y acertada, sobre todo por el orden de temas técnicos-prácticos recogidos en este primer volumen y los dos próximos y pendientes de su publicación.

Como dice el Dr. Jordi Tartera en la presentación del libro, puede ser y es una herramienta eficaz y de fácil comprensión para estudiantes de Ingeniería Industrial y Técnica, como para los de Ciclos Formativos de Grado Superior.

Además de todo lo expuesto, se puede decir que esta obra ha sabido conjugar el necesario rigor teórico-científico con la no menos necesaria practicidad técnico-profesional y se ha convertido en un Manual de cabecera para nuestros estudiantes y profesionales Metalúrgicos.

ACREDÍTESE gratis
con su invitación en www.eurosurfas.com

Innovación y avances de futuro

Fira Barcelona

Recinto Gran Via
20-24 Octubre 2008

Un encuentro imprescindible para el mañana.

En 2008, Eurosurfas se convertirá en el foco de atención, en el centro de excelencia para el sector de tratamiento de todo tipo de superficies. Prepárese para un gran encuentro con todos los sectores, las novedades más destacadas y, sobre todo, el valor añadido para abrir nuevas vías de expansión y crecimiento. En Fira de Barcelona, el primer recinto ferial de España.

EUROSURFAS
Salón Internacional de la Pintura Industrial y del Tratamiento de Superficies

www.eurosurfas.com

Sistema de control por impulsos: Eficiencia en el control

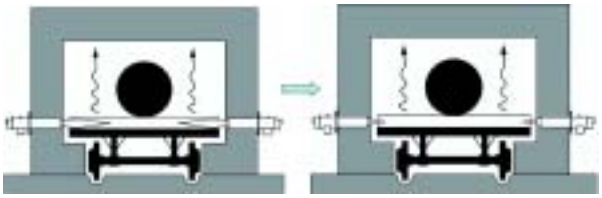
Por David Agustí Montins, KROMSCHROEDER

Muchos son los hornos que utilizan sistemas de control mediante señales analógicas o digitales directamente aplicadas sobre válvulas o servomotores para aumentar o reducir la potencia de los mismos. Las señales analógicas de control, entendiendo como tales magnitudes de o bien 0 a 20 mA ó 4 a 20 mA ó 0 a 10 V normalmente, las suministra algún dispositivo PI o PID u otro transductor que mide alguna magnitud física (temperatura, caudal, emisiones, ...) para, de la misma forma que la señal digital hace, aumentar o reducir la potencia de todos los quemadores de la zona a controlar, al unísono.

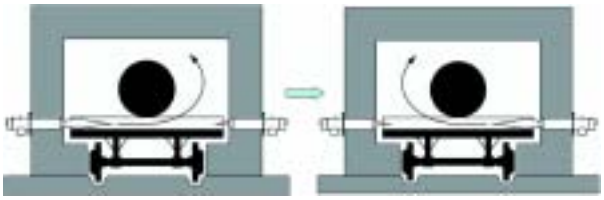
Este tipo de control, tan extendido a día de hoy, puede ser mejorado mediante un sistema de control por impulsos.

Kromschroeder, dispone dentro de su gama de controles de quemador para formato rack 19", de un módulo para control por impulsos MPT que permite hacer trabajar el horno bajo este régimen.

Comparativamente, en un sistema de control convencional, los quemadores de una misma zona de control, son modulados o pulsados a la vez teniéndolos todos en marcha o todos parados. Esto hace que se genere una tendencia ascendente del calor y una menor homogenización de la temperatura.



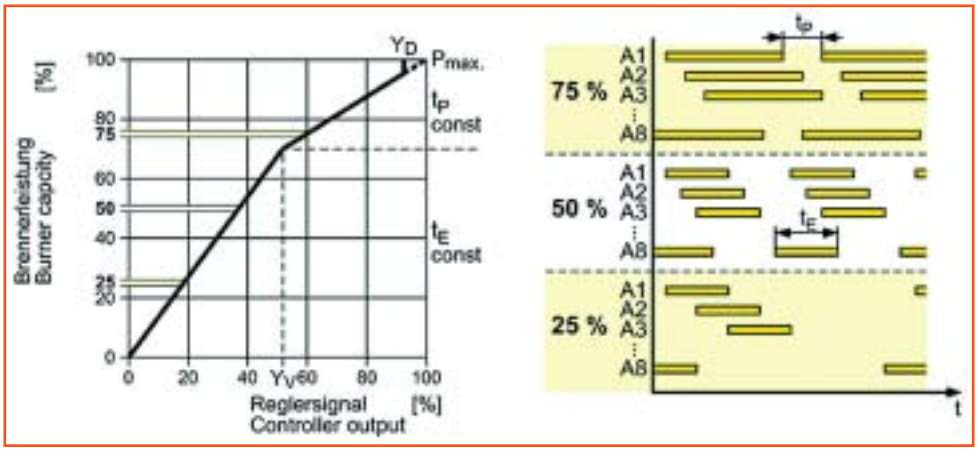
En un sistema de control por impulsos, por el contrario, los quemadores de dentro de una misma zona pulsan de forma secuencial de tal forma que cuanto más cerca del régimen de funcionamiento se encuentre el sistema, menos número de quemadores encontramos trabajando.



Esto permite una mayor uniformidad del calor dentro del horno gracias a la turbulencia que internamente se genera, gracias a la pulsación.

El sistema secuencial que el MPT introduce en el comportamiento del horno permite, tras recibir una señal de control analógica y una vez preseleccionado el modo de funcionamiento del mismo, pulsar hasta 8 quemadores por MPT repartidos en 1 ó 2 zonas. La programación de este dispositivo le permite escalar los tiempos de funcionamiento de cada quemador según la señal de control de tal manera que, cuanto más

cerca de la consigna nos encontremos, o lo que es lo mismo cuanto menor sea la señal analógica de control, se reduzcan los tiempos de funcionamiento y por tanto el número de quemadores en funcionamiento de forma simultánea.



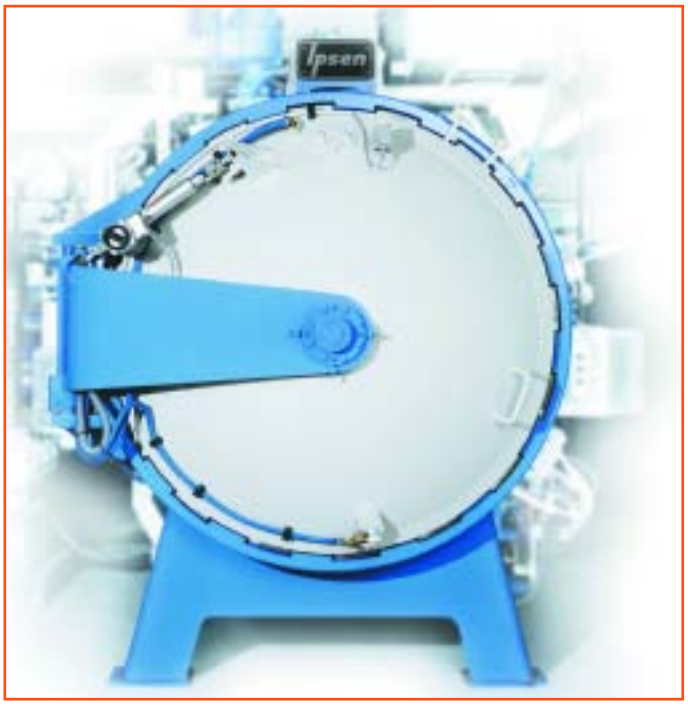
Gracias a un display de 4 dígitos de 7 segmentos y de 4 pulsadores situados en el frontal del dispositivo MPT, se pueden configurar más de 80 parámetros de forma sencilla y sin necesidad ninguna de la utilización de un ordenador o algún otro elemento para su programación. Son estos parámetros los que nos permitirán darle un comportamiento u otro al sistema, según necesidades.

Las principales ventajas del sistema descrito son un ahorro de energía gracias al aumento de la eficiencia, alta calidad del producto final debido a la homogeneización de la temperatura y el aumento del control y una reducción de las emisiones del horno.

Más inteligencia para una mayor eficiencia: la solución de hardware y software para el control de procesos Vacu-Prof® 4.0

La nueva versión 4.0 de Vacu-Prof®, el acreditado sistema de hardware y software de Ipsen, facilita la programación del proceso y aumenta la fiabilidad en el control de los hornos de vacío con una facilidad de manejo todavía mayor.

El innovador programa Expert, único hasta hora en el mercado, permite a cualquier usuario seleccionar el proceso adecuado para el tipo de acero objeto de tratamiento sin exigir para ello conocimientos previos.



El Turbo2Treater: óptimo para su empleo con Vacu-Prof®.

El nuevo entorno de usuario, optimizado en cooperación con un especialista en interfaces hombre-máquina, ofrece con su intuitivo manejo una ergonomía aún mayor.

Al igual que en el pasado, únicamente se emplean componentes de hardware probados y ajustados a las normas con el objetivo de garantizar la compatibilidad del software y el hardware.

Esto asegura una elevada fiabilidad y, no sólo simplifica el mantenimiento y la reparación, sino que ahorra tiempo de instalación y configuración. En caso de interrumpirse el funcionamiento del PC, una inteligente comunicación con el PLC del horno permite continuar el proceso ya iniciado.

H. P. Lankes, Director de ventas de Ipsen, se muestra muy satisfecho con la nueva versión: "Al seguir desarrollando y optimizando este sistema teníamos presente sobre todo un objetivo: más inteligencia aún. Y verdaderamente lo hemos conseguido. Gracias al programa Expert, ahora los hornos de vacío pueden ser también operados sin disponer de conocimientos de Metalurgia, sin que dejen por ello de producir una elevada y constante calidad. En resumen: Vacu-Prof® 4.0 vuelve a establecer una nueva referencia."

AIN organizará el próximo Congreso TRATERMAT 2010

AIN ha sido propuesta como centro organizador del XII Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y Superficiales TRATERMAT 2010. Esta cita es el evento más relevante, a nivel nacional, en el mundo de los tratamientos de materiales y en ella se dan cita las empresas, centros tecnológicos y grupos de investigación más destacados del sector. Las anteriores ediciones se han celebrado en Barcelona (2000), San Sebastián (2003), Sevilla (2005) y, recientemente, en Valencia (2008).

El Centro de Ingeniería Avanzada de Superficies de AIN viene participando regularmente en el TRATERMAT desde su sexta edición (1995), habiendo presentado, desde entonces, un total de 20 trabajos, lo que le convierte en uno de los participantes más habituales.

En la última edición (TRATERMAT 2008), celebrada en Valencia los días 12 y 13 de Marzo, AIN ha presentado un total de cuatro trabajos, en colaboración con empresas y centros como CENIM-CSIC, FERSA, LORTEK, NICOLAS CORREA y TTC. Dos de los trabajos fueron expuestos por representantes de AIN: Joaquín Yagüe hizo la presentación oral del trabajo titulado Estudio del efecto de tratamientos DUPLEX: Temple láser + PVD en aceros de herramientas, en el que se estudia la aplicabilidad de un tratamiento combinado de endurecimiento por temple láser seguido de aplicación de recubrimientos PVD sobre diversos tipos de aceros.

Por su parte, Rebeca Bueno presentó el trabajo titulado Tendencias modernas en la aplicación de acero 100Cr6 para rodamientos, en el que se hace un estudio sistemático de hasta cinco tipos diferentes de temple y dos más de cementación en acero de rodamientos. Los otros dos trabajos en los que participó AIN, también en la línea de desarrollo de tratamientos DUPLEX, fueron los titulados: Tratamientos DUPLEX de nitruración y PVD aplicados a la fabricación de piezas de materiales plásticos y cerámicos y Cambios en el comportamiento tribológico de aceros inoxidables mediante tratamientos DUPLEX. Todos los trabajos fueron acogidos con gran interés por los cerca de 150 asistentes al congreso.

La elección de AIN como organizadora del TRATERMAT 2010, a celebrar en Pamplona, supone un reconocimiento de la labor realizada por su Centro de Ingeniería Avanzada de Superficies a lo largo de sus casi 20 años de existencia, así como la constatación de la importancia cada vez mayor que tienen los Tratamientos de Superficie en el comportamiento en servicio y funcionalidad de los materiales.

Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas

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

Por carta: Goya, 20, 4º - 28001 Madrid
Teléfono: 917 817 776 - Fax: 917 817 126
E-mail: pedeca@pedeca.es

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

En el último número de la revista se decía que se daría paso al 2º tema sobre "la importancia o no de los precalentamientos hasta alcanzar la tª de temple". Dado el interés que se ha suscitado con el primero (control de las capas endurecidas por cementación + temple) seguimos en este número con otras aportaciones.

Resumiendo, y de acuerdo con todo lo aportado se puede decir:

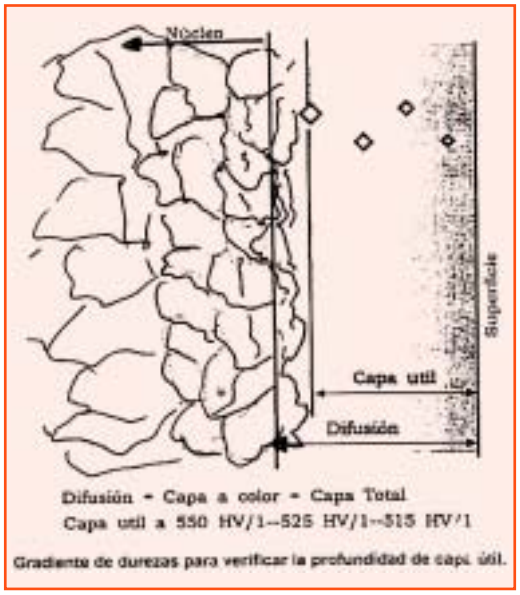
Capa útil = dureza hv/1kp, desde la superficie hasta los 550 hv.

Capa total = difusión = capa oscurecida al atacar con nital = dureza desde la superficie hasta la del núcleo + 50 hv/1kp.

Agradecemos todas las aportaciones recibidas y que han suscitado un gran interés.

Profundidad de capa: Capa útil y Capa Total

La difusión del carbono hacia el interior del acero está controlada por las leyes de Fick. El gradiente de concentración de carbono y la temperatura son fundamentales para conseguir, en el menor tiempo posible, la formación de la capa enriquecida con carbono. Existen fórmulas para calcular la profundidad de capa cementada considerando el mayor número de parámetros. Sin embargo se considera una apreciación bastante correcta, la de considerar un aumento de 0,1 mm en la profundidad de capa por cada hora de tratamiento a 900 °C con un potencial de carbono aproximado de 0,9%.



Gradiente de durezas para verificar la profundidad de capa útil.

La dureza superficial de una pieza cementada se verifica mediante ensayos de dureza Rockwell. Si la profundidad de capa es superior a 0,4 mm el ensayo Rockwell C es el más aconsejado. Si la capa es inferior a 0,4 mm, la carga empleada en Rockwell C (150 kp) puede ser excesiva y atravesar el penetrador la capa, obteniendo una dureza media de la capa cementada y el núcleo de la pieza. En este caso es aconsejable ensayar la dureza superficial mediante la escala Rockwell A.

Debido a la dificultad de conocer exactamente hasta qué profundidad se ha producido difusión de carbono, se establece que el control de la profundidad de capa cementada debe evaluarse mediante un gradiente de durezas, desde la superficie de la pieza hacia el núcleo. Se establece como capa útil la profundidad a la que se obtiene una dureza de 550 HV/1 kg (DIN).

Novedades en ECM, fabricante de hornos industriales

Desde hace más de 10 años, ECM confirma su liderazgo mundial en la fabricación de Hornos de Cementación de Baja Presión para las grandes series de la industria del automóvil y aporta un Servicio potente en todas las zonas geográficas del globo (Europa, Japón, EE.UU., Sudamérica, China, etc...).

Más de 130 instalaciones de este tipo están actualmente en funcionamiento en los 5 continentes.

Este saber hacer reconocido se ha ido construyendo sobre una experiencia de 50 años en el diseño de hornos de tratamiento térmico de vacío con alto valor añadido.

En la actualidad, muchas buenas noticias le permiten a ECM prever el futuro con optimismo y ambición:

- En primer lugar, los importantes pedidos en el centro de su oficio en ámbitos tan diversos como la Aeronáutica, el Tratamiento Térmico adaptado, los fabricantes de automóviles y vehículos pesados, así como sus fabricantes de equipos.
- La capacidad de liderazgo de ECM en los países emergentes se confirma con un nuevo control en China para una planta de tratamiento de piñones de cajas de cambios automáticas;
- FNAG, ECM empresa conjunta en el ámbito nuclear, inicia el proyecto de un consorcio liderado por Areva para EE.UU. para desarrollar un horno de recuperación de residuos nucleares.

Habida cuenta de sus éxitos en Japón desde hace 5 años, ECM acaba de transformar su oficina en filial: ECM Japan Ldt.

Movido por estos éxitos y confirmado recientemente ISO 9001, ECM ofrecerá próximamente a sus clientes los frutos de inversiones recientes, resultado de sus últimas tecnologías:

- Una nueva plataforma de pruebas en Grenoble y un laboratorio metalúrgico dedicados a la Cementación a Baja Presión y al desarrollo de procedimientos Termoquímicos.
- Un nuevo horno prototipo de Cementación a Baja Presión para las series muy grandes, de un concepto patentado y muy innovador, que se inaugurará en octubre de 2008.

Por último, para consolidar su saber hacer en el mercado de los hornos de elaboración de lingotes de silicio fotovoltaico (primer horno suministrado ¡en 1984!), ECM inaugurará en el otoño de 2008 una plataforma-prueba para el crecimiento de lingotes de 400 Kg (equivalente a más de 6 Megavatios de células PV al año).

El sector aeronáutico y espacial vasco supera sus expectativas con un crecimiento del 15% de la facturación y un 14% del empleo

La industria aeronáutica y espacial vasca ha visto confirmadas las previsiones favorables de facturación para 2007, con un crecimiento de las ventas del 15%, alcanzando una cifra superior a 940 millones de euros y superando las expectativas iniciales de incremento de la facturación para este periodo situadas en el 5%.

Según los datos aún provisionales recogidos por HEGAN, el Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco, esta importante mejora del sector se produce en el marco de un ejercicio caracterizado por resultados récord tanto en el número de contrataciones de nuevos aviones como en el número de entregas de los grandes fabricantes y con unas favorables previsiones de crecimiento del tráfico aéreo para 2008.

A estos datos positivos se suma la cifra de evolución del empleo, que se ha incrementado prácticamente un 14% por ciento con respecto al ejercicio anterior, hasta alcanzar las 6.623 personas ubicadas en toda la geografía del Estado.

Por su parte, las exportaciones se situarán previsiblemente en algo más de 500 millones de euros, mientras que las cifras destinadas a inversión en I+D superarán los 90 millones de euros.

A pesar de la persistencia de algunos factores de preocupación para las empresas como el precio del combustible, los retrasos de algunos nuevos programas y la depreciación del dólar frente al euro, que amenaza la capacidad competitiva de las empresas europeas, la industria aeronáutica y espacial vasca destaca las buenas perspectivas existentes en el sector, que registra una carga importante de trabajo.

Entre los factores positivos de la industria vasca, resalta la consolidación de las pequeñas y medianas empresas, en las que se observa el crecimiento de sus cifras de ventas y exportaciones, y los movimientos de integración y alianzas para adquirir una mayor dimensión y trabajar con éxito en los nuevos programas.

Este año se celebra el 10 Aniversario de la constitución de HEGAN, la Asociación Cluster de Aeronáutica y Espacio del País Vasco, surgida para potenciar, promover y estimular el tejido industrial, profesional, tecnológico, investigador y de innovación del sector, favoreciendo la creación de puestos de trabajo de alta especialización, el desarrollo científico y técnico de la sociedad, y la consolidación de la industria vasca en actividades de mejor futuro y más valor añadido.

Cinco años antes había comenzado a funcionar el Comité de Tecnología del Cluster, embrión de lo que hoy es la Asociación, que reunía a las empresas tractoras (Aernnova, originalmente Gamesa Aeronáutica, ITP y Sener), los centros tecnológicos, la UPV, SPRI y el Departamento de Industria.

Actualmente, la asociación está integrada por 32 empresas y 3 centros tecnológicos relacionados directamente con el sector.

AFC-HOLCROFT abre una sucursal en Europa

AFC-Holcroft, uno de los productores industriales de equipos de tratamiento térmico más grandes del mundo, anuncia la apertura oficial de su sucursal en Boncourt, Suiza. La sucursal llevará a cabo actividades de venta y suministro de recambios en la región europea, incluyendo Rusia. Actualmente, AFC-Holcroft tiene proyectos en Rusia, Rumanía, España e Italia.

Marc Ruetsch se encargará de toda la actividad en Europa, desde la nueva sucursal abierta en Suiza. Ruetsch ocupará el cargo de Director de Operaciones Europeas. Ruetsch, que ostenta titulaciones tanto en metalurgia como en ingeniería, ha ocupado cargos ejecutivos en otras grandes industrias europeas proveedoras de equipos de tratamiento térmico durante sus 27 años de experiencia en la industria de tratamiento térmico. Trabajó anteriormente con AFC-Holcroft como concesionario tecnológico.

William Disler, Vicepresidente de Ventas y Tecnología de AFC-Holcroft, explicó así la decisión de abrir una nueva oficina en Europa.

"Los mercados europeos, y de otras regiones del mundo, son de vital importancia para AFC-Holcroft y nos permiten gestionar los altos y bajos de nuestro negocio de manera más eficiente. El dólar estadounidense se encuentra actualmente muy debilitado en comparación con el euro, por lo que la oportunidad de producir equipos en Norteamérica y transportarlos a Europa es prometedora".

Disler añadió, "Nuestra oficina en Boncourt constituirá la cabeza de puente no sólo para apoyar las actividades que se están desarrollando en la actualidad, sino también para continuar expandiéndonos y penetrando en el mercado europeo con nuestros productos.

Continuaremos realizando ajustes en nuestra empresa para apoyar nuestras actividades globales mientras expandimos nuestra huella por todo el mundo."

En este contexto económico, AFC-Holcroft ha finalizado recientemente un importante acuerdo con una gran empresa europea de tratamiento térmico, para suministrar equipamiento de lotes norteamericano a diferentes países de Europa durante los próximos años. Además, la familia de productos UBQ (Universal Batch Quench) de AFC-Holcroft ha sido rediseñada para minimizar los gastos de transporte internacional y maximizar la flexibilidad global en el futuro.

AFC-Holcroft tiene más de 90 años de experiencia en procesamiento térmico. La empresa fabrica sistemas de tratamiento térmico listos para usar, con aplicaciones como el tratamiento térmico comercial, automovilístico, aeroespacial, utillajes y matrices, fundición y forjado, fabricación de engranajes, fabricación de cierres e industria del cable.

AFC-Holcroft es uno de los productores de hornos de tratamiento térmico más grandes del mundo. La empresa tiene una extensión mundial, con filiales en Estados Unidos, China, Argentina, Brasil, Australia, India, México, Italia, España, Rumanía y Japón, incluyendo medios de producción en muchos de estos países.

La Junta de Andalucía apoya el mecanismo para el control de satélites patentado por ADS

Advanced Dynamic Systems, ADS, compañía vasca con actividad en el sector del Espacio, y más recientemente en el sector Aeronáutico, ha recibido el apoyo de la Junta de Andalucía para financiar el desarrollo del proyecto AGA (Actuador Giroscópico Avanzado), un mecanismo para el control de actitud de satélites, con tecnología totalmente española, y con el que se pretende competir en el plazo de dos años con los equipos que existen actualmente en el mercado mundial, dominado principalmente por estadounidenses y franceses.

Este proyecto estrella de ADS cuenta con dos patentes internacionales, y consiste en una tecnología que proporciona mejores prestaciones (mayor agilidad del satélite, control más sencillo, menos peso y menos volumen) que los dispositivos que se encuentran actualmente operativos o en fase de calificación.

La subvención por valor de 341.000 euros proporcionada a ADS a través del programa de Fomento de la Innovación y el Desarrollo Empresarial de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa permitirá a la empresa avanzar en el nivel de maduración de su patente. ADS ya había resultado merecedora de apoyos por parte del Gobierno Vasco, a través del programa INTEK, así como del CDTI para esta misma iniciativa al ser considerada estratégica por las instituciones.

La empresa ha trabajado en los dos últimos años en la puesta en marcha de este proyecto empresarial pionero en el sector espacial nacional, que tiene como fin el desarrollo de un Actuador Giroscópico Avanzado (AGA) y dispondrá de un prototipo del actuador antes del verano, para realizar las tareas de verificación y validación en el último trimestre de 2008.

Con este programa de apoyo a la I+D+i, ADS afianza su reciente implantación en Sevilla, en la que ha puesto en marcha una nueva ingeniería con el objetivo de proseguir con su plan de expansión y diversificar su actividad hacia el mundo de la Aeronáutica. Desde su oficina en el EUROCEI de San Juan de Aznalfarache y con una inversión prevista de 500.000 euros hasta finales de 2009, ADS proporciona servicios de ingeniería centrados principalmente en el diseño mecánico y cálculo de estructuras aeronáuticas. Además, ADS aporta a la aeronáutica las capacidades desarrolladas previamente para el sector espacio en el campo del control de actitud de satélites que consisten básicamente en el diseño conceptual, análisis y simulación de sistemas dinámicos, diseño y desarrollo de sistemas de control complejos, desarrollos de software de control y de adquisición de datos para pruebas de verificación y validación.

ADS es una empresa integrada por inversores privados que tiene como actividad principal la investigación, diseño, desarrollo, industrialización y comercialización de equipos y sistemas dinámicos para aplicaciones aeroespaciales, terrestres y navales. Con la nueva ubicación de la compañía en Andalucía, que se une a sus dos anteriores del Parque Tecnológico de Miñano, en el País Vasco, y la del Parque Científico de Madrid, respectivamente, se conforman las tres patas de actuación de esta empresa de base tecnológica, con ambiciosos proyectos de expansión en los campos de la aeronáutica y el espacio.

ALLNIT®, la nitruración a baja presión por excelencia

Por APLITEC, Representante BMI en España

El procedimiento ALLNIT®, patentado por la sociedad BMI, es un tratamiento particular de nitruración por vía gaseosa, realizado en baja presión. La atmósfera utilizada se compone de los siguientes gases:

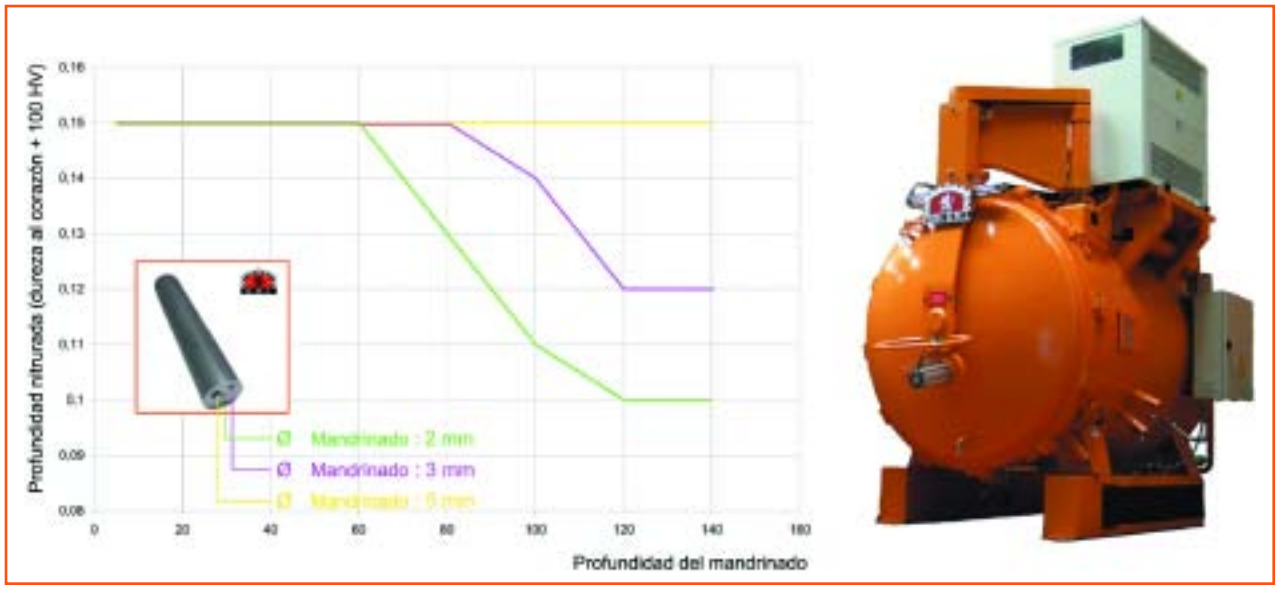
- Amoniaco (NH3): Este gas nitrurante permite, por su disociación, aportar el elemento nitrógeno atómico N* necesario para la nitruración.
- Nitrógeno (N2): Este gas neutro permite diluir el poder nitrurante de la atmósfera de tratamiento.
- Protóxido de nitrógeno (N2O): Este gas fuertemente oxidante hace oficio de acelerador de la disociación / absorción del amoniaco.
- Y, eventualmente, para las aplicaciones de nitrocarburación, puede añadirse un gas carburante, de tipo hidrocarburo u óxido de carbono.

El tratamiento se desarrolla a una presión reducida. La depresión es mantenida por el grupo de bombas de vacío, mientras que la inyección de la mezcla nitrurante está controlada por caudalímetros másicos. Las temperaturas de trabajo son clásicas en nitruración; están comprendidas entre 400 y 600 °C.

El proceso de nitruración a baja presión ALLNIT® se propone en opción en el conjunto de hornos de revenido y de recocido de la gama BMI, tanto en configuración horizontal como vertical (familia de hornos B5_R y V5_R). Estos hornos de vacío se denominan entonces B5_RN y V5_RN. Este proceso de nitruración a baja presión cubre el conjunto de aplicaciones clásicas en nitruración gaseosa. Conviene pues particularmente al tratamiento de piezas de mecánica general: órganos de transmisión y de frote, herramientas de corte, herramientas de prensa o de extrusión, equipos de inyección plástica... La fuerte penetración de la nitruración en las cavidades, asociada a la excelente homogeneidad química de la instalación, hace posible la constitución de cargas particularmente densas y/o constituidas en semi-granel.

Ejemplos de aplicación del procedimiento ALLNIT®:

La homogeneidad y la eficacia del procedimiento ALLNIT® se encuentran igualmente en la nitruración de orificios de pequeño diámetro, a menudo problemáticos.



ALLNIT-OX® Nitruración a Baja Presión Post-Oxidada

Como todo tipo de nitruración, el tratamiento de nitruración a baja presión ALLNIT® puede completarse con un tratamiento de post-oxidación, con objeto de obtener una capa superficial negra.

El objetivo industrial es doble: proporcionar una superficie resistente a la vez a las agresiones mecánicas y químicas, mejorando así las características de frote y de resistencia a la corrosión.

Este tratamiento se aplica a todo tipo de acero, pero a menudo es muy solicitado para piezas de acero al carbono o débilmente aleado.

Estos tipos de acero, elegidos por su bajo coste, poseen a menudo unas limitadas prestaciones, pero su uso les expone frecuentemente a esfuerzos de frote/deslizamiento, necesitando al mismo tiempo una cierta resistencia a la corrosión, mucho más allá de sus características de base.

Ejemplo de piezas tratadas: punzones, peines de enrollar, piezas forjadas, limpiaparabrisas.

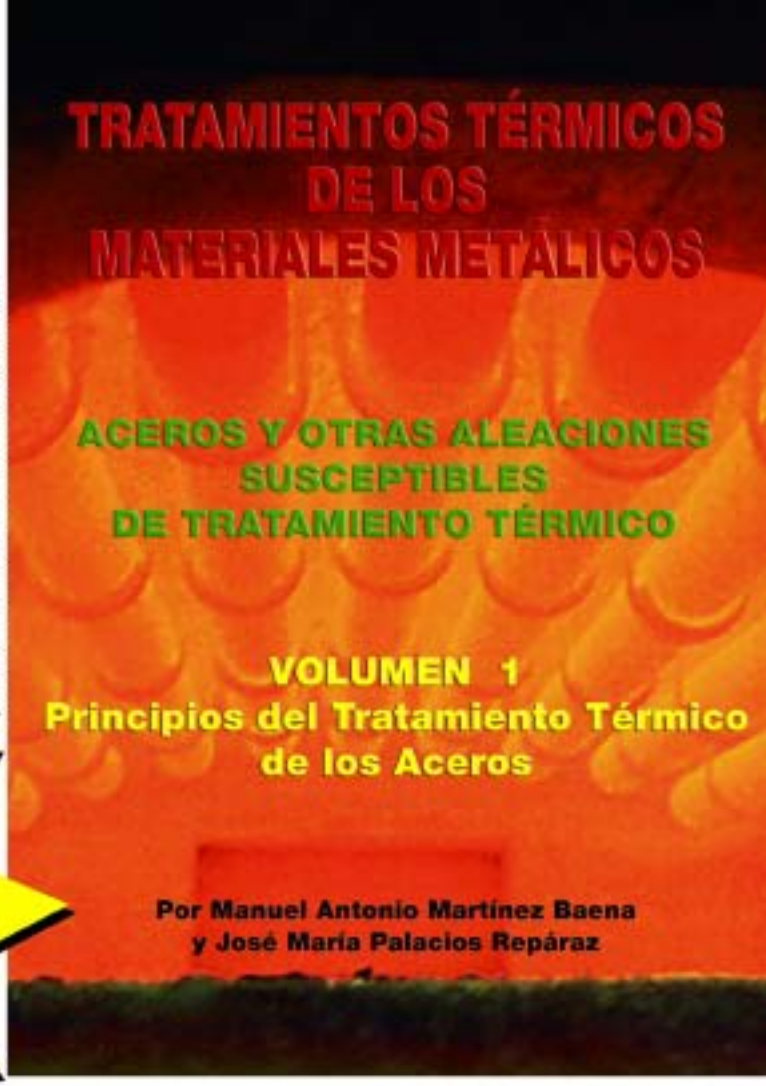
Este libro es el resultado de una serie de charlas impartidas al personal técnico y mandos de taller de un numeroso grupo de empresas metalúrgicas, particularmente, del sector auxiliar del automóvil. Otras han sido impartidas, también, a alumnos de escuelas de ingeniería y de formación profesional.

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

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

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

Manuel A. Martínez Baena
José Mª Palacios Repáraz



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

30 euros

El precio incluye IVA, gastos de envío aparte.

Índice general

Presentación ... 7

Prólogo ... 9

PARTE I. INTRODUCCIÓN A LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS ... 17

I. Conceptos fundamentales ... 19
Introducción ... 19
Estados alotrópicos del hierro y puntos críticos ... 19
Carburos de hierro. Cementita ... 22
Diagrama hierro-carbono ... 23
Diagrama de transformación isotérmica de la austenita. Diagramas TTT ... 30
Diagrama de transformación en enfriamiento continuo. Diagramas TEC ... 38
Templabilidad ... 39
Ensayo de templabilidad Jominy ... 42
Bandas de templabilidad ... 44

PARTE 2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES ... 49

II. Tratamientos térmicos básicos de los aceros ... 51
Introducción ... 51
Ciclos de tratamiento térmico ... 51
Calentamiento ... 51
Tiempo a la temperatura de tratamiento ... 53
Enfriamiento ... 53
Tratamientos térmicos básicos más utilizados ... 53
Normalizado ... 56
Recocidos ... 57
Recocido de regeneración ... 58
Recocido globular ... 59
Recocido subcrítico ... 61
Temple ... 64
Calentamiento ... 65
Mantenimiento a temperatura de austenitización ... 65
Enfriamiento ... 66
Factores que influyen en la práctica del temple ... 66
Etapa del vapor ... 73
Etapa de ebullición ... 73
Etapa de convección ... 74
Clases de temple ... 76
Revenido ... 80
Factores que influyen en el revenido ... 81
Fragilidad de revenido ... 83
Revenido de la martensita ... 88
Dureza secundaria ... 90
Bonificado ... 91

III. Tratamientos isotérmicos de los aceros ... 93
Introducción ... 93
Austempering. Temple bainítico ... 95
Martempering. Temple diferido martensítico ... 98
Recocido isotérmico ... 100
Patenting. Patentado ... 100
Tratamiento subcero ... 102
Tratamiento criogénico ... 104

PARTE 3. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES ... 105

IV. Cementación ... 113
Introducción ... 113
Mecanismos de la cementación ... 114
Factores que intervienen en la cementación ... 116
Composición química del acero ... 117
Potencial de carbono ... 117
Temperatura de cementación ... 118
Tiempo de cementación. Formación de capa ... 118
Clasificación de los procesos de cementación ... 123
Cementación sólida. Cementación en caja ... 123
Cementación gaseosa ... 125
Cementación líquida ... 129
Mecanizado y tratamientos térmicos de las piezas cementadas ... 133
Otras formas de cementación: (1) Cementación a baja presión; (2) Cementación iónica; (3) Cementación a alta temperatura ... 138

V. Nitruración ... 143
Introducción ... 143
Principios generales comunes a los diferentes procesos de nitruración ... 144
Capa de combinación o capa blanca ... 145
Zona de difusión ... 148
Nitruración gaseosa ... 151
Nitruración líquida o nitruración en sales ... 153
Aumento de volumen ... 156
Otras formas de nitruración ... 157
Nitruración iónica ... 158
Sulfocarburización ... 160
Nitrocarburación ... 164
Oxinitrocarburación ... 169
Recubrimientos superficiales mediante deposición de capas duras ... 172

VI. Carbonitruración ... 175
Introducción ... 175
Características del proceso de carbonitruración ... 177
Atmósferas carbonitrurantes empleadas ... 177
Temperatura de carbonitruración ... 178
Características y naturaleza de las capas carbonitruradas ... 178
Tratamientos térmicos utilizados ... 180
Durezas superficiales alcanzadas ... 180
Ciclos tipo de carbonitruración ... 182
Ventajas e inconvenientes de la carbonitruración con respecto a la cementación ... 182
Austenita retenida en la superficie de las piezas carbonitruradas ... 183
Aceros que normalmente se utilizan en la fabricación de piezas que después tengan que sufrir el tratamiento de carbonitruración ... 185

VII. Temples superficiales ... 187
Introducción ... 187
Características de la capa superficial endurecida ... 188
Temple a la llama. Flameado ... 190
Temple por inducción ... 193
Temple superficial por rayos láser ... 198
Calidad de los aceros para temple superficial ... 200

Consideraciones finales ... 203

Bibliografía ... 205

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

Algunas consideraciones sobre el endurecimiento másico de las piezas de acero (y Parte II)

Por Manuel Antonio Martínez Baena y José María Palacios Repáraz (†)

3. ENDURECIMIENTO POR PRECIPITACIÓN DE LOS ACEROS MARAGING

Este tipo de tratamiento se aplica a una familia de aceros de aleación base Fe-Ni en las que se pueden incluir los aceros inoxidables de endurecimiento por precipitación denominados PH (Precipitation Hardening).

Los **aceros maraging*** adquieren su dureza y resistencia mecánica mediante un tratamiento térmico de solubilización + envejecimiento o maduración; fenómeno éste de precipitación que se superpone a la transformación martensítica del sistema Fe-C, típico de los aceros convencionales.

La martensita del sistema Fe-Ni reúne una serie de inmejorables propiedades, mecánicas y tecnológicas, que son las que le imprimen carácter a esta familia de aceros.

Al estudiar el diagrama de equilibrio Fe-Ni; figura 6, lo más significativo que podemos deducir de él, independientemente, de las condiciones de equilibrio y estabilidad de las distintas fases, función del tiempo y de la temperatura, son las características que se pueden obtener cuando se someten a un calentamiento y/o a un enfriamiento estas aleaciones Fe-Ni.

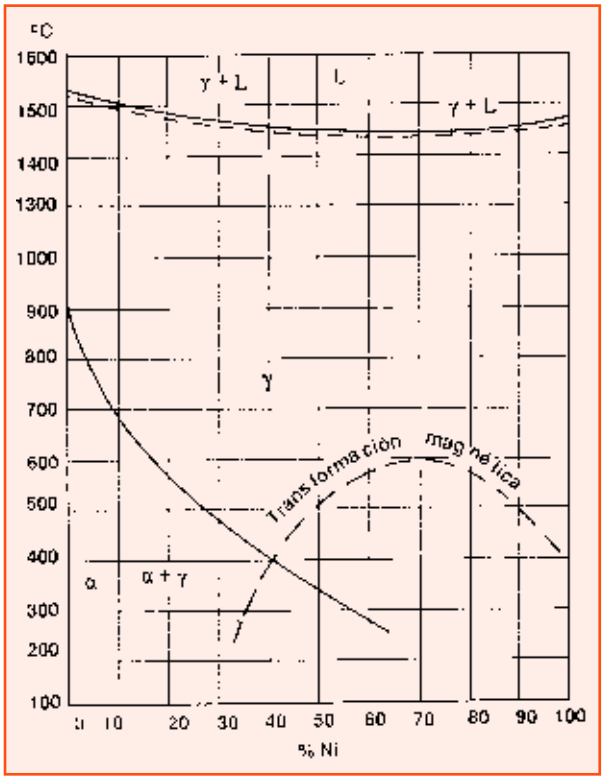


Figura 6. Diagrama de equilibrio de las aleaciones Fe-Ni.

En la figura 7 (diagrama de Jones-Pumphey, que representa la histéresis de transformación alfa-gamma de las aleaciones Fe-Ni) se destaca las temperaturas de transformación, tanto en el calentamiento como en el enfriamiento del material correspondiente. Las temperaturas de transformación en el enfriamiento (Ms = comienzo y Mf =

---

* Maraging = expresión obtenida de la contracción de los vocablos ingleses ¨martensite¨ y ¨ageing¨ cuya unión viene a significar en castellano envejecimiento. Sin embargo, aquéllos que ya tenemos cierta edad nos resistimos a utilzar este término y preferimos el de **maduración**.

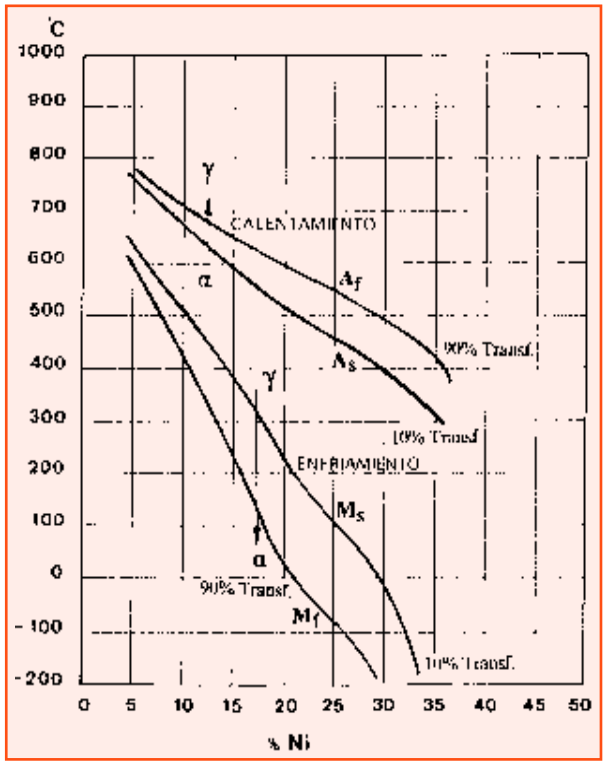


Figura 7. Diagrama de Jones-Pumphey. Temperatura de transformación en caliente y enfriamiento de las aleaciones Fe-Ni.

final) representan el paso de la austenita a martensita. Por el contrario las temperaturas de transformación en el calentamiento (As y Af) que representan, asimismo, el comienzo y el final del calentamiento de la austenita. Tanto unas temperaturas como las otras son insensibles a los cambios de velocidad: tanto en el calentamiento como en el enfriamiento.

Una segunda observación del diagrama de Jones-Pumphey, nos lleva a ratificar el principio antes comentado, es decir, que: (1) los aceros con contenidos de níquel comprendido entre 18 y 20% (Ni = 18/20%) están constituidos a temperatura ambiente, después de un enfriamiento desde la zona gamma, (γ), por una solución alfa (α) sobresaturada de Ni = martensita; (2) los aceros con contenidos de níquel comprendido entre 25 y 30% (Ni = 25/30%), por contra, están constituidos en iguales circunstancias por austenita; y (3) aquellos aceros que tienen contenidos intermedios de Ni están constituidos por una mezcla de austenita y martensita.

El tratamiento fundamental de los aceros maraging es el de solubilización + envejecimiento: en el proceso de solubilización se disuelven los elementos endurecedores (Co, Mo, Ti, Nb y Al) y en el envejecimiento se precipitan en la matriz de martensita Fe-Ni.

En el primer grupo de aceros (Ni = 18/20%) cuando éstos se enfrían al aire, después de tratamiento de solubilización, se produce una transformación martensítica (fase α) sobresaturada de Ni), ya que se encuentran los puntos de transformación Ms y Mf por encima de la temperatura ambiente. En el caso de los aceros de 25% de níquel (Ni = 25%) al estar tales puntos –Ms y Mf– por debajo de cero °C (- 0 °C), la estructura que obtiene, después del enfriamiento, es toda ella austenítica.

Resumiendo: en los aceros con contenido 18/20% Ni, el tratamiento de envejecimiento, posterior al de solubilización, actúa sobre una estructura y matriz martensítica. Mientras los aceros 25% Ni, es necesario realizar tratamientos previos de acondicionamiento de la austenita obtenida en la solubilización (precipitación preliminar, enfriamientos subcero, etc.) para conseguir el paso de la austenita a martensita, como si se tratase, entonces, de aceros 18/20% Ni.

3.1 Solubilización

El tratamiento de solubilización de los aceros maraging se consigue mediante calentamiento en el intervalo de temperaturas comprendido entre 800 y 840 °C, durante un tiempo determinado a dicha temperatura, seguido de un enfriamiento posterior al aire ambiente. La temperatura de solubilización no sólo viene fijada por la necesidad de conseguir una total solución, perfecta y homogénea, de los elementos endurecedores que entran en gran proporción en la composición química de estos aceros (Co, Mo, Ti, Nb y Al); sino, también, por el hecho que dicha temperatura debe estar siempre por encima de la temperatura de los puntos de transformación en el calentamiento As y Af; figura 7.

Requisito que viene impuesto, fundamentalmente, por el problema que conlleva el calentamiento de solubilización de los aceros 18/20% Ni, a temperaturas muy próximas a las de los puntos As y Af; ya que da origen, entonces, en esa zona (entre las fases alfa… y gamma…), a un aumento considerable de elementos endurecedores en la austenita; que tiene el inconveniente de descender el principio de transformación martensítica (Ms), bajándo-

lo por debajo de cero (- 0 °C). Con lo cual es imposible conseguir, en el enfriamiento que sigue a la solubilización, una total transformación de la austenita en martensita quedando, por tanto, una buena parte de aquella retenida a temperatura ambiente.

A medida que, en el calentamiento, la temperatura de solubilización se va elevando por encima de esa zona crítica (As y Af) desaparece la posibilidad de la formación, por enfriamiento, de austenita retenida.

La temperatura de solubilización de los aceros maraging viene impuesta fundamentalmente por la necesidad, ya comentada, de obtener una disolución total y homogénea de los elementos endurecedores. Temperatura que tiene que estar por encima de 800 °C, para las dos familias: aceros 18/20% Ni y aceros 25% Ni.

Todo lo expuesto en este apartado se puede resumir diciendo que el proceso de solubilización se caracteriza por: (1) una temperatura correcta de solubilización del material, dentro del intervalo de temperaturas de 800 y 840 °C; (2) un tiempo determinado de permanencia a esa temperatura para la perfecta solución de los elementos endurecedores; y (3) un posterior enfriamiento, normalmente, en aire ambiente. El tiempo de solubilización suele ser de 1 hora por cada 25 mm de espesor o sección de la pieza correspondiente.

Las características mecánicas de los dos grupos fundamentales de aceros maraging, después del tratamiento de solubilización, se exponen en la tabla V. En ella se indican, también, las características correspondientes a un acero 18/20% Ni solubilizado, deformado en frío y con una reducción 50%.

ACERO	R Kg/mm²	LE Kg/mm²	A (L = 4d) %	Z %	Dureza HRC
18 % Ni 20 % Ni 25 % Ni	95 – 105 100 – 110 80 – 95	65 – 80 70 – 85 25 – 30	17–19 18 – 20 30 – 35	70 – 75 65 – 75 70 – 80	28 – 32 26 – 35 15 – 20
18 % Ni, solubilizado 50 % reducción en frío	120 – 125	110 – 115	12 – 14	60 – 65	33 – 37

Tabla V. Características mecánicas de los aceros maraging en estado solubilizado.

3.2 Envejecimiento o Maduración

Después del tratamiento de solubilización, los aceros maraging están en condiciones de sufrir el tratamiento de envejecimiento o maduración. Tratamiento éste que se realiza a una temperatura por debajo de la del punto de transformación en caliente As del acero considerado.

El efecto del envejecimiento sobre la dureza se representa en la figura 8, las curvas correspondientes son típicas de aleaciones endurecibles por precipitación. En tales aceros el típico sobreenvejecimiento, en el sentido convencional, no existe.

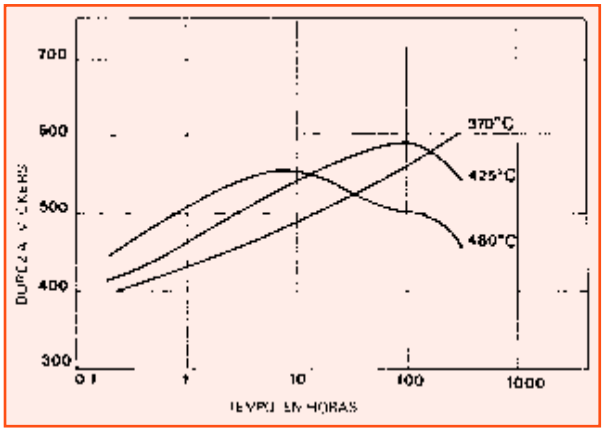


Figura 8. Efecto de la temperatura y del tiempo de envejecimiento sobre la dureza de un acero maraging 18%Ni solubilizado.

En su lugar la caída de la dureza que se obtiene, mediante un envejecimiento prolongado, viene siempre asociada a la presencia de austenita retenida, que se forma por la descomposición de la martensita de solubilización en dos soluciones sólidas de diferente riqueza en elementos endurecedores y debido al calentamiento isotérmico a temperaturas cercanas a los puntos de transformación en caliente As y Af.

La caída de dureza se obtiene, evidentemente, para tiempos de envejecimiento más cortos a medida que la temperatura se eleva, como se puede observar en la figura 8. La estructura de solubilización influye sobre el grado de austenita retenida que puede aparecer después en el envejecimiento; se ha comprobado, también, que una deformación o conformación en frío del material antes del envejecimiento favorece la presencia de austenita retenida.

En los aceros maraging 18/20% Ni martensíticos, para obtener un muy aceptable equilibrio entre re-

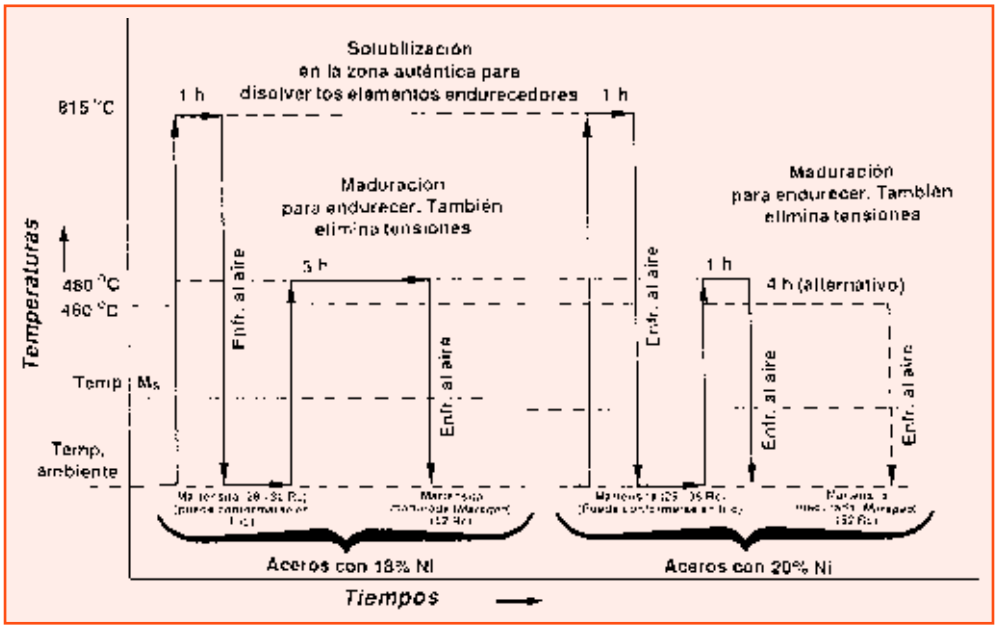


Figura 9. Esquema del tratamiento de solubilización + envejecimiento de los aceros maraging 18%Ni y 20%Ni.

sistencia y ductilidad hay que tener en cuenta que: (1) la temperatura ideal de envejecimiento 18% Ni ha de estar comprendida entre 460 y 480 °C, con un tiempo de permanencia de 3 a 6 horas y posterior enfriamiento en aire ambiente; (2) en los aceros 20% Ni se ha de utilizar la misma temperatura de envejecimiento con un tiempo menor, comprendido entre 1 y 4 horas, e igual enfriamiento en aire; figura 9.

En los aceros 25% Ni, después del tratamiento de solubilización, es necesario modificar su estructu-

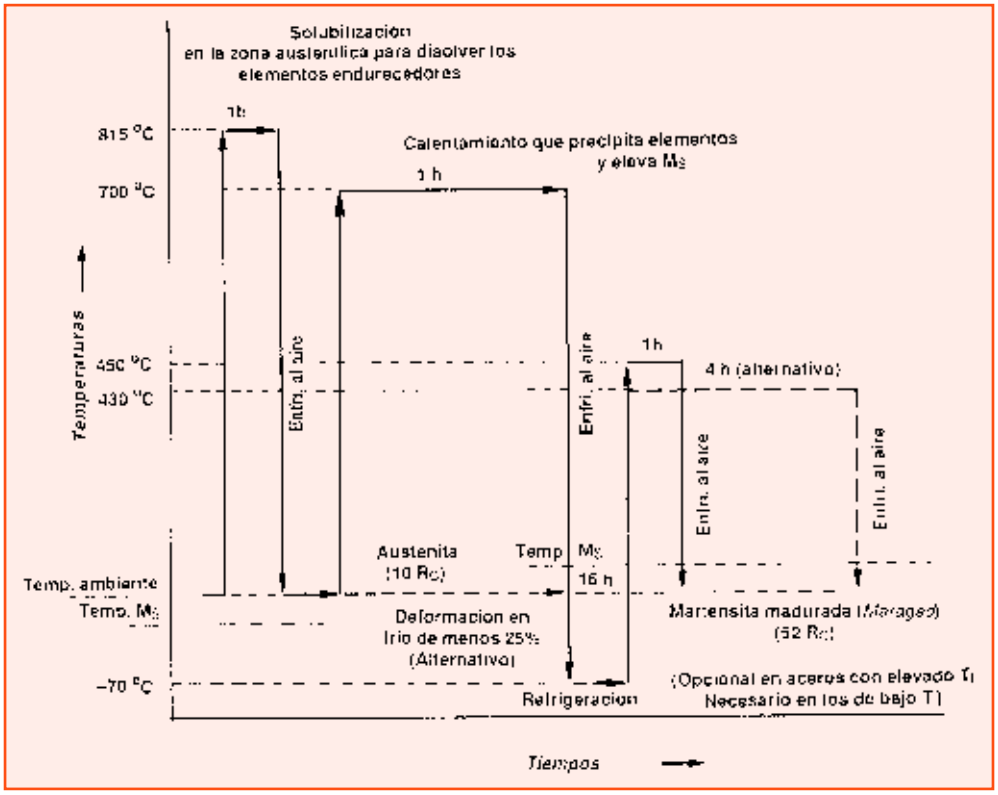


Figura 10.- Esquema del tratamiento de solubilización + envejecimiento del acero maraging 25%Ni.

ACEROS	Composición media en %						Características mecánicas (media)			
	Ni	Ti	Al	Co	Mo	Nb	LE Kg/mm²	R Kg/mm²	A %	Dureza HV
Grupo 18% Ni	18	0,20	0,10	8,50	3,25	--	140	150	15	400
	18	0,40	0,10	7,75	4,90	--	175	180	11	450
	18	0,60	0,10	9,00	5,10		210	215	12	-
Grupo 20-25% Ni	20	1,45	0,25	--	--	0,40	180	185	11	500
	25	1,45	0,25	--	--	0,40	180	190	12	510

Tabla VI. Características mecánicas de los aceros maraging con tratamiento de precipitación (solubilización + envejecimiento).

ra, transformarla en martensítica antes del tratamiento final de envejecimiento. Envejecimiento que se puede realizar de dos formas: (1) calentamiento del material durante 4 horas a temperatura de 700 °C consiguiendo una parcial precipitación de elementos endurecedores que empobrece la matriz martensítica (FeNi); con lo cual y se eleva, por tanto, la temperatura del punto de transformación Ms.

Si el material contiene Ti por encima de 1,45% (Ti > 1,45%): en la fase de enfriamiento en aire, desde 700 °C, se transforma toda su estructura en martensita.

Si el contenido en Ti es inferior (Ti< 1,40%) es necesario, además, subenfriar durante 16 horas a una temperatura de 70 bajo cero (–70 °C) para completar por entero la transformación en martensita. (2) La otra forma de conseguir la total transformación de la austenita en martensita consiste en realizar una deformación en frío del acero solubilizado, con reducciones próximas al 25% y, después, subenfriarlo durante 16 horas a una temperatura de 70 bajo cero (- 70 °C.

Está comprobado que este último procedimiento da lugar a una mejora de las propiedades mecánicas, imposible de conseguir en materiales que no han sufrido una previa deformación en frío.

Una vez el material ha sido acondicionado al estado martensítico, por alguno de los dos procedimientos, se encuentra ya en condiciones de efectuarle el tratamiento de envejecimiento o maduración. El envejecimiento se ha de realizar siempre a temperatura inferior a la del punto As del acero correspondiente; figura 10.

Resumiendo: el tratamiento de envejecimiento más apropiado para los aceros 25% Ni es aquél que se realiza a una temperatura comprendida entre 430 y 450 °C y durante un tiempo de mantenimiento entre 1 y 4 horas.

En la tabla VI se exponen las características mecánicas obtenidas en los aceros maraging 18, 18/20 y 25%Ni después del tratamiento de precipitación (solubilización + envejecimiento).

Los aceros maraging son muy apropiados para todas aquellas aplicaciones en donde se deba de disponer de una elevada relación resistencia/densidad con una alta ductilidad y tenacidad, como es el caso de piezas y componentes para el sector aeroespacial: trenes de aterrizaje, piezas estructurales sometidas a temperaturas muy por debajo de cero °C (criogénia), herrajes, tornillos y bulones de muy altas características mecánicas, etc.

Por sus atrayentes características, los aceros maraging, asimismo, encuentran aplicación en matrices para extrusión en frío y en caliente, buterolas, ejes, tubos de mortero y rifle, engranajes muy críticos, muelles y un largo etc.

BIBLIOGRAFÍA

Bain, E.C; Paxton, H W: Alloying elements in steel. 2nd Ed. American Society for Metals, Metals Park, Ohio (1961).

M. Atkins: Atlas of continuous cooling transformation diagrams for engineering steels. American Society for Metals, Metals Park, Ohio y British Society for Metals, Sheffield.

The International Nickel: ¨Maraging Steels for Ultra-High Strength Aplications¨, 1962.

J.A. García-Poggio: Aceros de alta resistencia. Editorial Montecorvo. Madrid 1965.

C. G. Bieber: Metal Progress, Vol 78, pag.99. Noviembre 1960.

S. Floren y R.F. Decker: Trans. ASM Vol 55, pag. 518. Septiembre 1962.

Tratamientos Térmicos en Superficies (Parte I)

Por Gabriel Esteller Lores, Prof. de Ciencia y Tecnología de Materiales UPV. Colaborador Metalúrgico de VACUTREM SA

PROCESOS PRINCIPALES Y SUS PRINCIPIOS

— Temple másico de transformación estructural, procesos de temple por inducción, flameado, etc.

— Procesos termoquímicos de difusión de elementos como: C, N, B como la cementación, carbonitruración, nitruración, boración, etc.

"Arte" del endurecimiento de herramientas Siglo XVI.

— Procesos termoquímicos por deposición de nitruros y carbonitruros de ciertos metales.

— Procesos tradicionales de recubrimientos de elementos como Ni, Cr, Au, etc. con fines decorativos y contra la oxidación.

— Avanzados procesos de implantación por bombardeo iónico y técnicas de láser en la modificación de superficies.

Los Tratamientos Térmicos en Superficie se aplican preferentemente para: Mejorar la resistencia superficial al desgaste, disminuir el coeficiente de rozamiento, aumentar la resistencia a fatiga y hacer frente a la oxidación y corrosión.

1. PROCESOS DE TEMPLE POR INDUCCIÓN

Se utilizan para el endurecimiento de superficies, siendo posible calentar una parte concreta del material (aceros), donde se precise superior resistencia mecánica. El proceso clásico muy utilizado de temple por inducción, es especialmente aplicado en la industria de automoción de todos los paises industrializados, basado en las corrientes de Focault; mediante un generador se aplican altas o bajas frecuencias que calientan rápidamente una bobina que arropa la zona a calentar durante unos 3 – 10 seg, un posterior enfriamiento mediante ducha que rodea a la bobina, proporcionan una clásica transformación martensítica localizada, en consecuencia las deformaciones son mínimas y el núcleo no es afectado.

PRINCIPALES VENTAJAS:

— Temple localizado.

— Buena reproducción del proceso:
  - Fácil integración en la línea de producción.
  - Menor posibilidad de concentrar tensiones y aparición de fisuras.

La superficie endurecida depende del contenido de carbono del acero, esta superficie endurecida mejora la resistencia al desgaste, usándose para incrementar la resistencia de piezas sometidas a grandes esfuerzos.

Los rangos de frecuencias aplicadas a través de los generadores de potencia son: Alta frecuencia ≥ 100 KHz mientras que para Media frecuencia de 2 a 10 KHz.

Piezas pequeñas con poca penetración de temple 1-1,5 mm son templadas con alta frecuencia, mientras que para piezas grandes y superiores penetraciones de capa endurecida se aplican frecuencias medias.

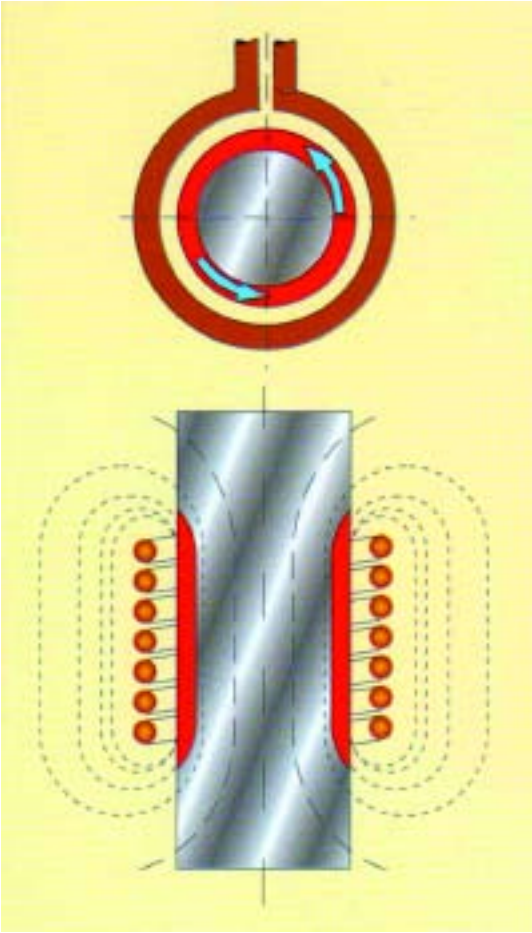
Una bobina recorrida por una corriente alterna crea un campo magnético a su alrededor. Aplicado a una pieza metálica este campo induce una corriente en la superficie.

La corriente inducida produce el calentamiento de la zona afectada, siendo el espesor de la capa calentada inversamente proporcional a la frecuencia aplicada.

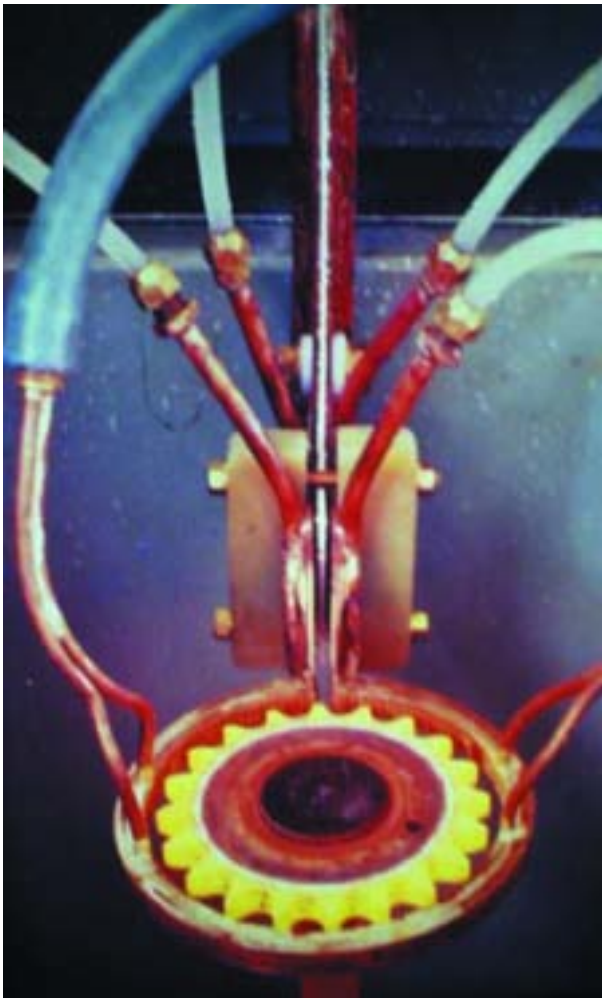
Frecuencias altas condicionan menores espesores de capa.

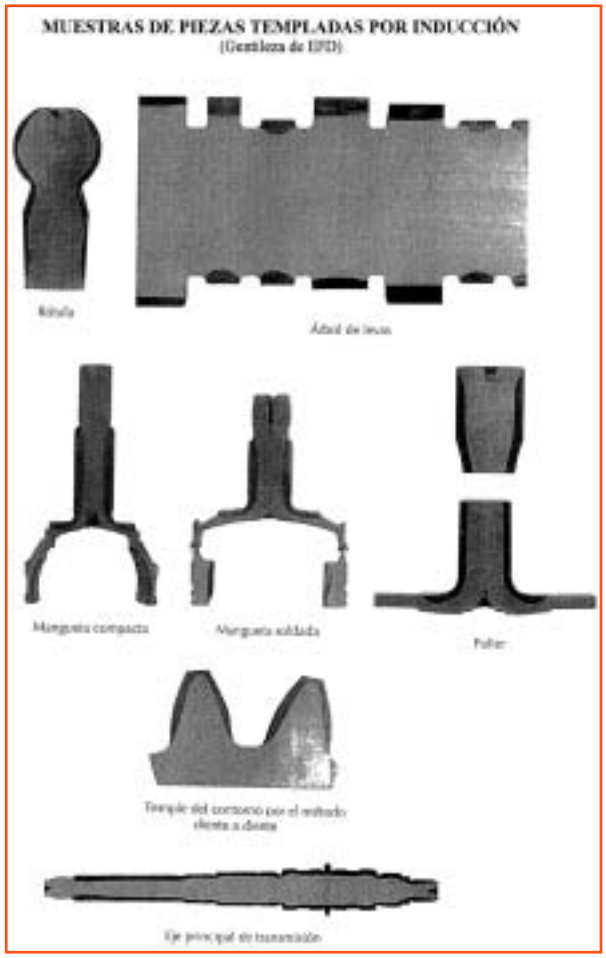
En función de la potencia y la frecuencia elegida, se obtiene la zona de calentamiento deseada.

Este es el principio del calentamiento por inducción, cuyas propiedades permiten su utilización ventajosa en el tratamiento térmico de metales, en soldadura, forja, fusión, etc.



Gentileza de GH Elin industrial.





Zonas endurecidas (oscuras), en piezas seccionadas y atacadas.

2. TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Son los T.T. mediante los cuales se modifican la naturaleza y composición superficial del acero u otro tipo de aleación, por acción de un proceso de difusión de un elemento a través de la superficie de la pieza.

El objetivo de estos tratamientos generalmente es, conseguir piezas con una superficie dura y resistente al desgaste, en contraste con un núcleo más dúctil y tenaz. Condiciones requeridas por gran número de piezas de maquinaria, como por ejemplo los engranajes de una caja de cambio. En otros casos se busca mejorar la resistencia a la corrosión, a la fatiga, a ciertos tipos de rozamientos, etc.

Para comprender el fenómeno de la difusión entre fases sólidas, diríamos que ocurre de forma similar pero más lenta que cuando una gota de tinta se añade a un vaso de agua, que se extiende en este caso rapidamente hasta colorear la superficie.

En los sólidos la difusión se realiza muy lentamente, facilitada a través de defectos como por ejemplo vacantes, también se produce migración de átomos mediante un mecanismo intersticial, sin producir importante distorsión en la estructura cristalina.

El flujo de material es de forma aleatoria y se facilita con una variación de la composición química, los gradientes de concentración favorecen el flujo en una u otra dirección, todo ello viene expresado matemáticamente por las leyes de Fick, donde la primera de ellas dice:

$$Jx = D \cdot dc / dx$$

Jx es el flujo o velocidad de difusión del material en la dirección x.

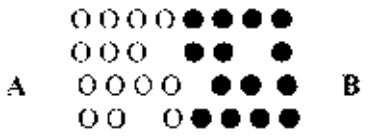
dc / dx es el gradiente de concentración.

D es el coeficiente de difusión.

DIFUSIÓN ENTRE FASES SÓLIDAS

Fenómeno de transporte por el movimiento de átomos, desde regiones de elevada concentración a otras de baja concentración.

El flujo de material de forma aleatoria se facilita con una variación en la composición química.



Interdifusión entre dos metales

Los gradientes de concentración favorecen el flujo de A ..... B o viceversa

Intersicial

MECANISMOS:

— Movilidad atómica.
— Lugares vecinos vacíos.
— Suficiente energía para distorsionar la red.

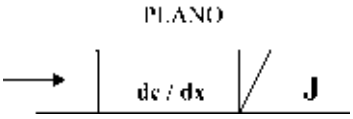
La difusión ocurre por vacantes e intersticial, esta última es más rápida y se facilita con átomos pequeños como los de: H, C, N, O, etc.

FACTORES:

Substancias con determinado coef. difusión D, que relaciona el elemento difundible, por ejemplo el C en el acero.

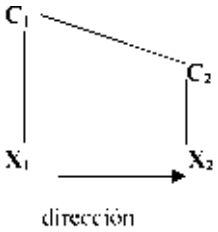
La velocidad de difusión aumenta con la temperatura.

La difusión es provocada por innumerables desplazamientos desordenados de los átomos, esta agitación térmica proporciona energía a los átomos para saltar de un nudo a otro y proyectarse en varias direcciones, como se define en la mencionada 1ª ley de Fick y teniendo en cuenta que elementos químicos como: Si, Ni, P, disminuyen la concentración del C en superficie, mientras que otros como: Cr, Mo, V, elevan la concentración del mismo pero retrasan la difusión.



La interdifusión de átomos entre A y B supone que el gradiente de concentración dc/dx en un determinado punto varía con el tiempo t.

Esta condición se representa por una ecuación diferencial en la 2ª ley de Fick (D es independiente de c) $d_{cx} / d_t = D \cdot d^2_{cx} / d^2_x$.



DATOS DE DIFUSIVIDAD

Soluto	Disolvente	D_0 (m^2/s)	Q (kj /mol) Energía activación
C	Fe c.c	20.10^{-6}	142 mol = peso
C	Fe c.c.c	220.10^{-6}	122 mol. gr
Ni	Fe c.c	77.10^{-6}	280 "
Zn	Cu	34.10^{-6}	191 "

VARIABLES: Temperatura, concentración, estructura cristalina, tamaño de grano, grado impurezas, etc. En los sólidos todo ello ocurre muy lentamente.

2.1 CEMENTACIÓN

Es el tratamiento termoquímico más utilizado, tiene por objeto incrementar el contenido de C en la superficie del acero, obteniendo una capa más rica que será función del tiempo, temperatura alcanzada y el C capaz de difundirse.

Puede el proceso realizarse en un medio sólido, líquido y gaseoso, este último es el proceso más aplicado por su fiabilidad y rentabilidad.

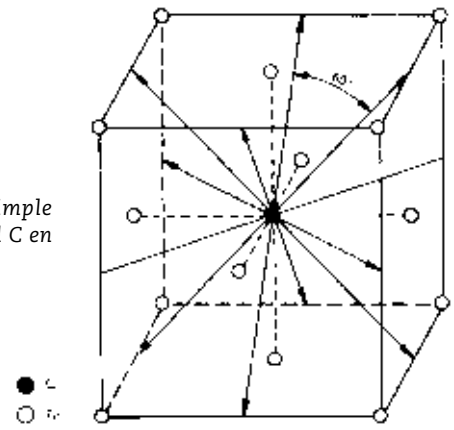
La operación de cementar o carburar se realiza con auxilio de unos productos portadores de C, que en las atmósferas gaseosas es el CO, sometiendo las piezas a temperaturas altas que favorecen la difusión (880/950°C), durante el tiempo necesario para que el C penetre lo suficiente aprox. 0.5/ 2.5 mm, y con una riqueza próxima al eutectoide (0.8%C).

Bajo una agitación térmica, una molécula gaseosa de C es absorbida y colocada entre los átomos de Fe. En consecuencia debe existir un cierto equilibrio entre el C aportado a superficie por acción de los gases, y la cantidad de C que se difunde desde la superficie hacia el interior (con Tª, presión y composición constantes).

Durante el proceso de cementación el acero absorbe C en su superficie, creándose una diferencia de concentración entre ésta y el núcleo de la pieza. Este gradiente es la fuerza impulsora del paso de C a las zonas de más débil contenido.

La masa de C que atraviesa la superficie viene definida en la 1ª ley de Fick.

La solución sólida formada es de inserción, ocupando el C el centro de la celdilla del Fe c.c.c., dado la pequeñez del átomo de C con respecto al Fe gamma, desde allí se difunde al interior del acero saltando, sin que los átomos de Fe sean un grave obstáculo y con supuestas trayectorias rectilíneas, con saltos sucesivos progresará a través de la red efectuándose la difusión.



Mecanismo simple de difusión del C en el Fe gamma.

El espesor de capa enriquecida en C es proporcional a la raiz del coef. de difusión D y el tiempo t:

$$x = \sqrt{D.\ t}$$

La reacción tipo que se produce dentro del horno de gas con las piezas es:

$$2\ CO + 3Fe \text{ ---------- } Fe_3C + CO_2$$

El óxido de carbono CO se puede obtener a través de una atmósfera generada por metano o propano + aire.

$$CH_4 + CO_2 \text{ ---------- } 2CO + 2H_2$$

También si proviene de una atmósfera sintética (preparada) de Metanol + N2

$$CH_3OH + 2N_2 \text{ ---------- } 2N_2 + 2H_2 + CO$$

Adiciones posteriores de propano o gas natural, hacen posible mantener el potencial carburante de ésta atmósfera, reduciendo los contenidos de CO2 y H2O al tiempo que reponen el suficiente CO.

Una atmósfera cementante puede contener aprox. CO = 18/22 %, N2 = 40/60 %, H2 = 30/40 %, CH4 = 3-4 %, CO2 y H2O = 0.1/0.6 %.

Para el control del potencial de C se utilizan diversas técnicas: Controlando el punto de rocío, temperatura a la que se produce la condensación del vapor de agua. También mediante un analizador de gases infrarrojos, que deducen para cada temperatura el % CO2 correspondiente para un determinado %C. Más modernamente mediante sondas de oxígeno, que miden la presión parcial de O2 en el gas cementante respecto al aire o gas de referen-

Anomalías de las capas cementadas

ORIGEN	CAUSAS	CONSECUENCIAS
PREPARACION	Oxidación superficial	Película destacable
	Mal desengrase	Puntos blandos
	Zonas protegidas (pinturas)	Puntos blandos
ACERO	Templabilidad insuficiente	Dureza superf. baja
	Bandas Segregación	Puntos blandos
	Oxidación interna de elementos (Mn, Cu)	Capa blanda extremo superficie (const. intermedios)
	Elementos carburígenos	Carburos
	Elementos que bajan Ms	Austenita residual
	Formación de carbonitruros (Cr, Mo)	Baja dureza en superficie
ATMOSFERA	Oxidación interna	Baja dureza
	Mal equilibrio	Sobrecarburación Subcarburación C. Fuerte carburación C. Débil carburación N. Fuertes nitruros-austen. Nitrógeno débil
	Anomalía de reglaje Anomalía de caudal	C. y N. variable en superf.
HORNO	Estanqueidad	Oxidación interna
	Averías	Películas y estructuras anormales
	Hollín	Puntos blandos
	Pirometría	Anomalía estructural
	Mala carga	Carburos, deficiente temple
	Mala ventilación	irregular capa. Deformación
TEMPLE	Agitación	Baja dureza ó deformación
	T. Directo	s/ aleación estructuras intermedias en superficie
	Repeticiones-reaustenización	Descarburación y oxidación
	Repetición proceso	Nuevas tensiones, grietas.

REFERENCIAS: J.L. ARQUES Criterios generales en la selección de aceros para cementación (ATEEM)
G. ESTELLER Curso General de metalurgia base Universidad Politécnica Valencia 1982

cia, teniendo en cuenta que el potencial de O2 puede relacionarse mediante el cociente CO / CO2.

ACCIÓN DE LOS GASES EN CEMENTACIÓN

El O2 oxida el Fe y además disminuye el % de C.

El N2 desplaza el O2 y es inerte. N2 + H2O hace efecto descarburante.

El H2 reduce los óxidos de Fe a Fe+++ pudiendo descarburar.

El CO2 es oxidante y se debe compensar con CO, CH4.

El CO es carburante con baja presencia de CO2, se mantienen niveles con presencia de gas natural o CH4.

El H2O (vapor) es muy oxidante y descarburante, se compensa con CO.

Los procesos de cementación mal aplicados, provocan la aparición de varios defectos o anomalías en las capas enriquecidas y que pueden ser debidas a la atmósfera, la preparación de las cargas, al horno y a los procesos posteriores como el temple.

Las consecuencias son tan variadas, como por ejemplo: Sobrecarburación con presencia de Fe3C, descarburación, zonas/puntos blandos, oxidaciones, heterogeneidad estructural, deformaciones y poca transformación, etc.

La cementación gaseosa es la forma mejor desarrollada de los procesos carburantes del acero, permite un buen control de los parámetros de la difusión y su % C con gran reproducibilidad, en grado superior a los procesos de sales.

La actividad del carbono en el gas cementante se puede mantener constante en el valor deseado, de forma fácil y segura con el adecuado ajuste de la

Determinación y verificación de la profundidad convencional de cementación (UNE 7-394-76)

1. **PROFUNDIDAD CONVENCIONAL DE CEMENTACION (DC)**
   Es la distancia medida sobre una normal a la superficie entre ésta y la capa interior, cuya dureza Vickers es 550 HV, medida bajo la caga de 9.8 N (1 KGF).
   Previo acuerdo se podrán utilizar cargas comprendidas entre 4.9 y 49 N (0.5 a 5 KGF), o bien el método Rockwell para medir la dureza superficial.
2. **CONDICIONES DE MEDICION**
   A. Sólo para capas cementadas cuya profundidad es superior a 0.3 milímetros
   B. Salvo acuerdo, la medida se efectuará sobre una sección trasversal de la pieza
   C. La superficie a medir se pulirá para permitir medidas correctas
   D. Las huellas de dureza se situarán a lo largo de una o varias líneas normales a la superficie de la pieza, con una distancia entre huellas de 2.5 veces la diagonal de la huella.
3. **VERIFICACION DE LA PROFUNDIDAD DE CEMENTACION**
   Sobre una sección transversal de la pieza se efectuarán por lo menos cinco huellas, a distancias t_1 y t_2 de la superficie: estas distancias son, respectivamente, inferior y superior al valor prescrito de la profundidad de cementación (Fig. 1). La diferencia t_2-t_1 no será superior a 0.3 mm. La profundidad de cementación se calcula con ayuda de la siguiente fórmula:

$$DC = t_1 + \frac{(t_2-t_1)(H_1-HG)}{H_1-H_2}$$

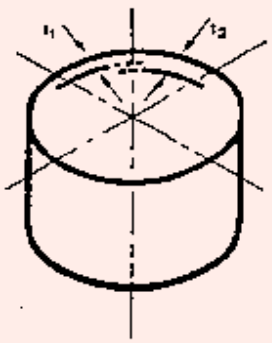


Fig.1
Localización de los puntos de medida

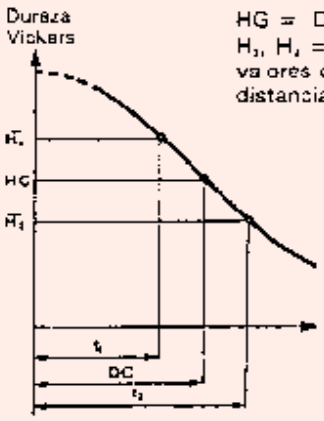


Fig. 2
Determinación matemática de la profundidad de cementación

atmósfera cementante, esta actividad termodinámica permitirá un ajuste del C máximo a disolver en la fase austenítica, evitando la formación de un exceso de carbono en capa y evitando la presencia de cementita libre (Fe3C).

La profundidad de capa cementada debe ser la suficiente, para resistir las altas solicitaciones y esfuerzos rozantes de las piezas cementadas. En los engranajes y reductores, p. ej. el espesor de capa cementada, va en función del módulo del diente, de tal forma que a mayor módulo mayor espesor de capa. Industrialmente el espesor suele variar desde los 0.5 a 2.5 mm, la temperatura y tiempo del proceso, así como la riqueza y ajuste de la atmósfera de CO son los factores determinantes en el proceso.

Para conseguir que la capa rica en C sea capaz de resistir los esfuerzos solicitados, se debe proceder a una transformación martensítica (temple), la práctica más usual en la cementación gaseosa, contempla la operación en dos ciclos: 1) Fase de carburación entre los 900 – 950 °C (es posible superar la Tª con ciclos más cortos, pero superior deterioro de los útiles), con determinados caudales de gas protector + gas activo. 2) Una segunda fase de difusión del C alto en superficie sin presencia de gas activo y con descenso de la Tª, seguido de un enfriamiento o temple directo en aceite caliente desde los 820 – 840 °C.

Finalmente las piezas cementadas y templadas presentan alta dureza en superficie por la transformación martensítica, siendo necesario realizar un revenido a baja temperatura generalmente 160 – 200 °C con el fín de disminuir las tensiones de transformación y eliminar parte de austenita residual, sin merma en las propiedades resistentes contra los distintos tipos de desgaste. La resistencia a fatiga y la resiliencia se ven ligeramente mejoradas.

La presencia o no de elementos de aleación como Cr, Ni, Mo puede alterar sensiblemente la facilidad de difusión del C, el espesor y dureza de la capa cementada y la resistencia del núcleo.

Los procesos de cementación sólida o en caja, no se aplican por los bajos rendimientos y resultados no reproducibles.

Los procesos de cementación líquida o sales, se siguen aplicando para capas de hasta 1 mm, son procesos rápidos pero con serios inconvenientes como: Necesidad de reciclar o eliminar los residuos, suciedad de las piezas precisando una limpieza posterior, superior gasto en mano de obra y electricidad, etc.

Los baños salinos para cementar tienen como base de su composición cianuros, la actividad carburante se debe a su descomposición por el calor y con la presencia del oxígeno del aire.

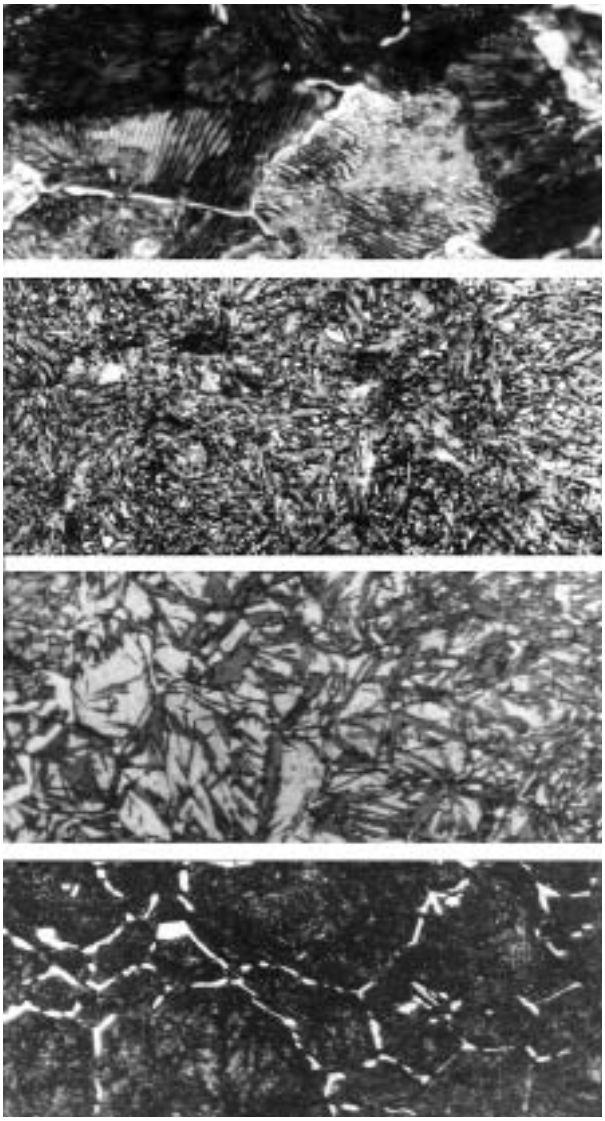
Los cianuros alcalinos (de sodio o potasio) se oxidan en una fase intermedia, formando cianatos y estos se descomponen dando carbonatos, óxido de carbono y nitrógeno atómico.

$$2NaCN + O_2 \text{ <-------- > } 2NaCNO$$

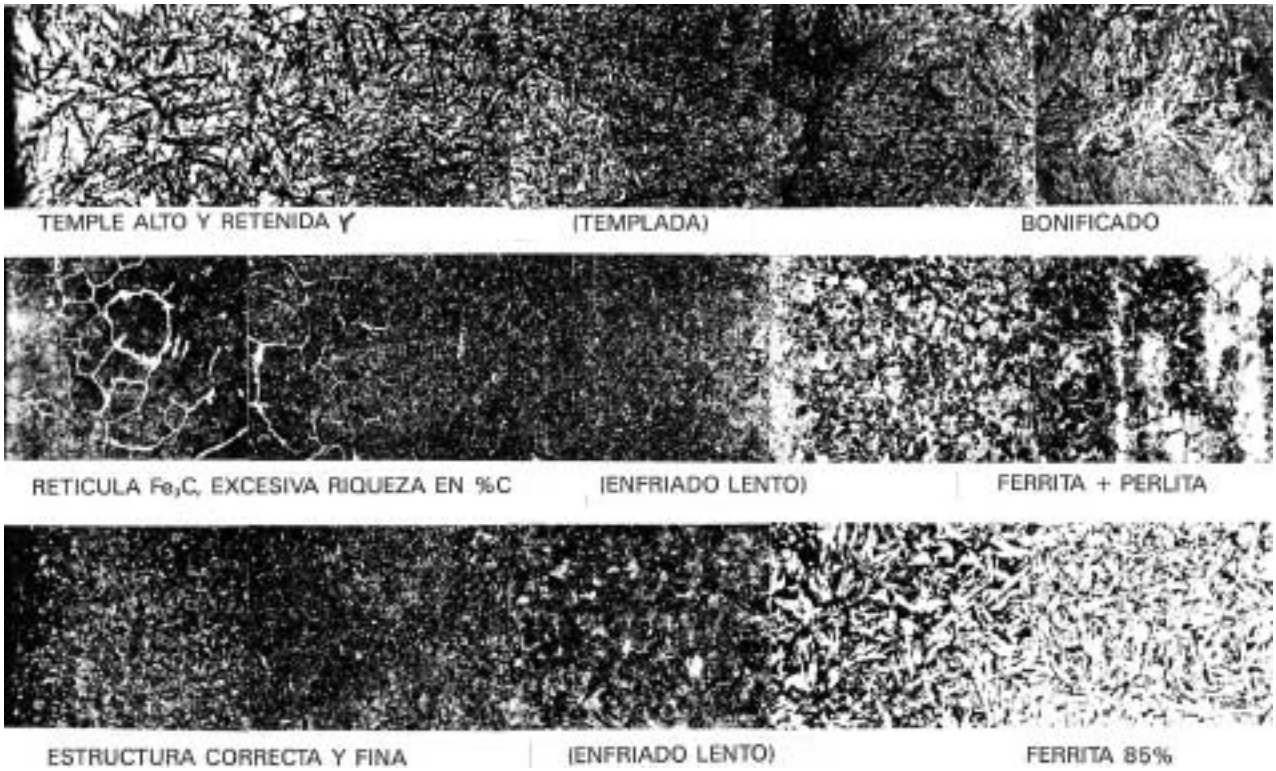
$$2NaCNO + O_2 \text{ <-------- > } Na_2CO_3 + CO + 2N$$

El óxido de carbono, finalmente se descompone en dióxido y carbono activo

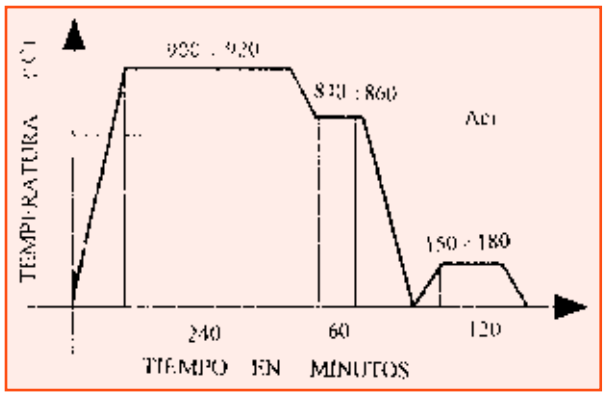
$$2CO \text{ <-------- > } CO_2 + C$$



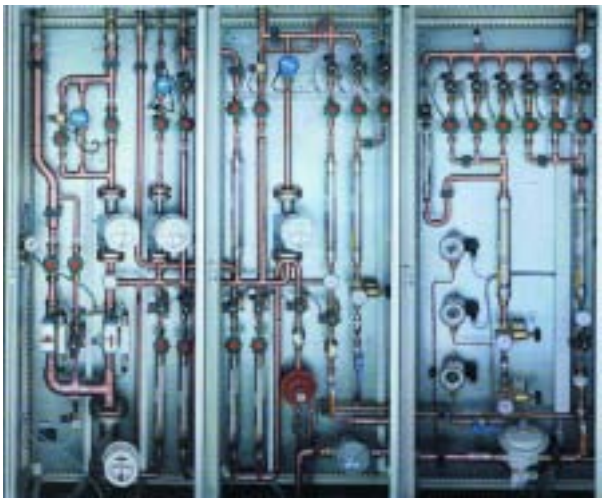
Microestructuras.



Microestructuras de capas cementadas desde la superficie al interior.



Esquema de un proceso industrial de cementación + temple y revenido.



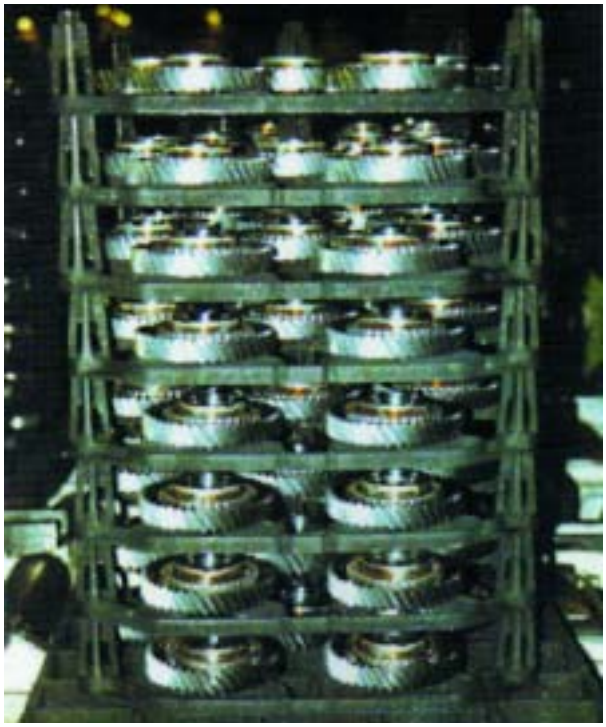
Cuadro de control de la atmósfera carburante. Gentileza Linde.

ACEROS DE CEMENTACIÓN

Constituyen un grupo perfectamente definido dentro de los aceros de construcción, por su bajo contenido en C (0.12 – 0.25 %) aproximadamente, los aleados contienen bajos contenidos en Cr, Ni, Mo (0.2 – 3%).

La presencia homogénea del potencial de C en superficie con niveles de aprox. 0.75 – 0.85 %, son lo deseable en las piezas cementadas. La presencia de Cr hace aumentar el % de C en superficie, mientras que el Ni frena esta tendencia. La combinación entre el C + Ni estabilizan la posible austenita residual de la capa, al ser elementos gammágenos por su solubilidad en el Fe.

La presencia de los elementos de aleación Cr, Ni, Mn y especialmente el Mo, influyen de forma noto-



Carga de engranajes preparada para cementación gaseosa.

ria en la templabilidad de la capa enriquecida, la presencia de Cr y Ni mejora la resistencia a fatiga independientemente de su acción en el núcleo. La cualidad preferente de los aceros de cementación es su resistencia al desgaste y a la fatiga, gracias a la capa endurecida rica en C, no obstante cuando se conjugan esfuerzos notables y aspectos fragilizantes, pueden producirse deterioros y hundimientos de la capa por baja resistencia del núcleo, por ello es necesario que éste posea una cierta resistencia y suficiente plasticidad para absorber las cargas en servicio, niveles altos de martensita o martensita+bainita en núcleo, garantizan altas prestaciones especialmente cuando no exista ferrita.

CEMENTACIÓN A BAJA PRESIÓN

La incorporación del acetileno como gas cementante, hace posible el desarrollo de la cementación en vacío libre de oxígeno, el producto cementado queda libre de una posible oxidación intergranular. La aplicación de propano o metano en estas condiciones no garantiza la descomposición controlada

DESIGNACIÓN		COMPOSICION QUIMICA							
Numérica	Simbólica	C	Mn	Si	P máx.	S	Cr	Ni	Mo
F 1510	C 10 K	0'07/0'13	0'30/0'60	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	—	—	—
F 1512 (1)	C 10 K-1	0'07/0'13	0'30/0'60	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	—	—	—
F 1511	C 16 K	0'12/0'18	0'30/0'60	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	—	—	—
F 1513 (1)	C 16 K-1	0'12/0'18	0'30/0'60	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	—	—	—
F 1515	20 Mn 6	0'18/0'23	1'30/1'60	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	—	—	—
F 1518 (1)	20 Mn 6-1	0'18/0'23	1'30/1'60	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	—	—	—
F 1516	16 Mn Cr 5	0'13/0'19	1'00/1'30	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'80/1'10	—	—
F 1519 (1)	16 Mn Cr 5-1	0'13/0'19	1'00/1'30	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	0'80/1'10	—	—
F 1523	20 Mn Cr 5	0'18/0'23	0'60/0'90	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'30/0'50	—	0'40/0'50
F 1533 (1)	20 Mn Cr 5-1	0'18/0'23	0'60/0'90	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	0'30/0'50	—	0'40/0'50
F 1551	12 Cr Mo 4	0'10/0'15	0'60/0'90	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'85/1'15	—	0'15/0'25
F 1550	18 Cr Mo 4	0'15/0'21	0'60/0'90	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'85/1'15	—	0'15/0'25
F 1559 (1)	18 Cr Mo 4-1	0'15/0'21	0'60/0'90	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	0'85/1'15	—	0'15/0'25
F 1581	16 Ni Cr 4	0'13/0'18	0'80/1'00	0'15/0'40	0'035	0'035 máx	0'80/1'20	0'80/1'20	—
F 1580	20 Ni Cr 4	0'17/0'22	0'80/1'00	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'80/1'20	0'80/1'20	—
F 1589 (1)	20 Ni Cr 4-1	0'17/0'22	0'80/1'00	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	0'80/1'20	0'80/1'20	—
F 1540	15 Ni Cr 11	0'10/0'16	0'35/0'65	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'60/0'90	2'75/3'25	—
F 1522	20 Ni Cr Mo 2	0'17/0'22	0'60/0'90	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'35/0'65	0'40/0'70	0'15/0'25
F 1532 (1)	20 Ni Cr Mo 2-1	0'17/0'23	0'50/0'90	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	0'35/0'65	0'40/0'70	0'15/0'25
F 1524	20 Ni Cr Mo 3	0'18/0'23	0'60/0'80	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'40/0'60	0'70/0'90	0'30/0'40
F 1534 (1)	20 Ni Cr Mo 3-1	0'18/0'23	0'60/0'80	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	0'40/0'60	0'70/0'90	0'30/0'40
F 1525	20 Ni Cr Mo 6	0'18/0'23	0'60/0'80	0'15/0'40	0'035	0'035 máx	0'40/0'60	1'40/1'70	0'30/0'40
F 1535 (1)	20 Ni Cr Mo 6-1	0'18/0'23	0'60/0'80	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	0'40/0'60	1'40/1'70	0'30/0'40
F 1560	14 Ni Cr Mo 13	0'11/0'17	0'30/0'60	0'15/0'40	0'035	0'035 máx.	0'80/1'10	3'00/3'50	0'20/0'30
F 1569 (1)	14 Ni Cr Mo 13-1	0'11/0'17	0'30/0'60	0'15/0'40	0'035	0'020/0'035	0'80/1'10	3'00/3'50	0'20/0'30

(1) Aceros con azufre controlado

ACEROS DE CEMENTACIÓN. Análisis de Colada (UNE 36.013-76).

de los gases, pudiendo formar hollín y alquitrán, o no aportando el carbono suficiente a la atmósfera.

La aplicación del acetileno en vacío consigue una profundidad de cementación uniforme y libre de oxidación.

El acetileno es un hidrocarburo insaturado, miembro de la familia de hidrocarburos alifáticos que contiene un triple enlace y se disocia mediante catálisis en contacto con la superficie a cementar.

Las instalaciones utilizadas en estos procesos, están constituidas por un horno de vacío de dos cámaras, una caliente con las resistencias e inyectores y una fría (de enfriamiento), con los sistemas de enfriar por gas o aceite. Todas estas características en la cementación bajo vacío, consiguen un proceso muy limpio y eficiente, obteniendo una cementación uniforme y con excelente acabado superficial.

Conclusiones:

Las capas cementadas a baja presión ≅ 10 – 20 mbars presentan gran uniformidad en su distribución y profundidad, gracias a la buena repartición del carbono del proceso formado por catálisis en la superficie, pero las características más destacables de estos procesos a baja presión, son la ausencia de oxidación superficial por la falta de oxígeno en la atmósfera, así como la no presencia de oxidación intergranular en la capa, datos confirmados por estudios mediante microscopia electrónica de barrido, que comparan muestras de esta cementación con otra convencional atmosférica.

2.2 CARBONITRURACIÓN

La carbonitruración es considerada una variante de la cementación, junto al C también se difunde N en las piezas de acero produciéndose tres fases como:

— Una fijación en superficie por reacción química.
— Difusión hacia el interior.
— Posterior endurecimiento por temple.

El N introducido actúa como un elemento de aleación, permite el temple a temperaturas inferiores que en la cementación, su presencia en la fase de austenita contribuye a aumentar la dureza de la martensita final, no obstante disminuye las temperaturas de principio y fin de transformación martensítica (M_s y M_f), por ello las piezas carbonitruradas pueden contener superiores valores de austenita residual.

Para que ello no ocurra o se reduzca, es recomendable que la suma de C + N no sea superior al 0.9 – 1 % en peso, algo inferior a los contenidos óptimos de 0.7 / 0.8 % de C y 0.25 – 0.35 % de N, aunque en muchas ocasiones la austenita residual de piezas carbonitruradas, suele contribuir favorablemente en las propiedades mecánicas de las piezas tratadas.

El N necesario para el desarrollo del proceso es suministrado por NH_3 anhidro, que se adiciona en el horno junto al gas o atmósfera cementante, creándose una reacción tipo:

$$2NH_3 < \text{--------} > 2N_y + 3H_2$$

La presencia del NH_3 junto a una atmósfera cementante, provoca un aumento de las proporciones de N_2 e H_2 con una disminución del CO, que obliga a trabajar con valores más bajos de CO_2 para mantener el potencial de C de la atmósfera, el N ejerce una fuerte acción sobre la velocidad de difusión más intensa que la del C.

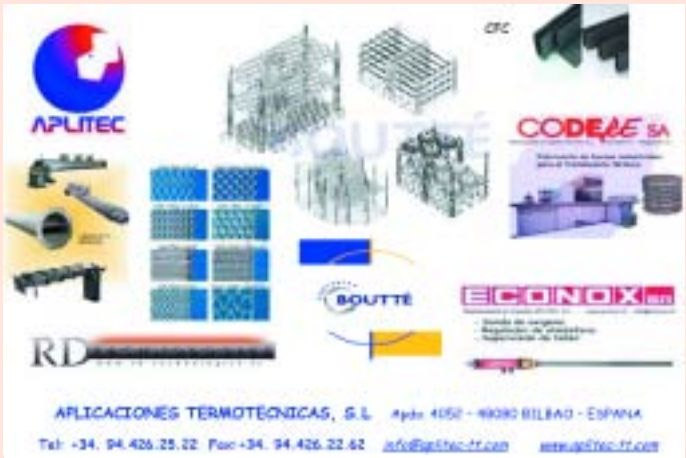
La presencia de N aporta flexibilidad en el ajuste de las durezas, aumenta la presencia de elementos intersticiales (C + N_2) con menor tendencia a formar carburos, pero se puede formar más austenita residual. Finalmente la presencia de N mejora la resistencia a fatiga de las piezas.

Las temperaturas en carbonitruración son más bajas que en la cementación, alrededor de los 850 °C pudiéndose proceder directamente desde esta Tª al temple.

La difusión del N en el hierro gamma, se produce por un mecanismo análogo al que tiene lugar con el C, dado la similitud de sus diámetros atómicos.

Piezas industriales de pequeño tamaño que requieren un rápido endurecimiento superficial entre 0.1 – 0.4 mm, son carbonitruradas y templadas bajo atmósfera rica en CO y NH_3, obteniendo unos buenos resultados de cara al desgaste y contra la fatiga, la presencia o no de elementos de aleación en el acero, condiciona de forma similar a la cementación las características resistentes de la capa y núcleo.

(Continuará)


APLITEC
CODERE SA
BOUTTE
ECONOX
RD
APLICACIONES TERMOTECNICAS, S.L.

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

Flexinox
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 la marca AUBE-LINDBERG
FLEXINOX, S.A.

TALLERES DE PLENCIA, S.L.
HORNOS INDUSTRIALES
www.hornos-tp.com

ROLLED ALLOYS
Especialistas Globales en Suministro de Aceros Aleados Resistentes al Calor
• Centro de Servicio con 50 años de experiencia, especializado en el suministro de aceros aleados termo resistentes destinados a la industria de tratamientos térmicos y fabricantes de hornos industriales.
• Chapa, Formato, Barra, Tubo, Metal Expandido y material de aportación para soldadura.
• Calidades: RA 330®, RA 333®, 310S, 253 MA, 800 H/AT, 446, 321, 601, 600, 602 CA.
• Instalaciones de Proceso: Corte por Láser, Plasma, Cizalla y Chorro de Agua.
• Suministro de piezas completas y corte a medida o bajo plano.
• Empresa certificada ISO 9001; 2000; AS9100
ROLLED ALLOYS (UK)
Walker Industrial Park,
Guide, Blackburn,
Lancashire, BB1 2QE
www.rolledalloys.com
email: sales@rolledalloys.co.uk
ROLLED ALLOYS IBERICA
C/Lauaxeta Olerkaria 40D
48100 Mungia - Vizcaya
iarrien@rolledalloys.co.uk
Movil: 667 70 14 05
Tel.: 94 657 33 80 - Fax: 94 658 51 89
www.rolledalloys.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.proytecme.com

tey
Tratamientos Térmicos
de Aceros Aleados
y
Consulting Técnico - Metalúrgico
Polígono Industrial ARTIA
48291 - ATXONDO - Bizkaia
Tlf.: 94 621 55 90
Fax.: 94 621 23 70
administracion@industriastey.com

tecnopiro
.com
-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

EUCON

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

Parque Empresarial Villapark – Av. Quitapesares, 8 nave 8
Apartado 46 - 28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)
Tel.: 916 165 814 - Fax: 916 165 783
E-mail: eucon@grupoeucon.com - www.grupoeucon.com

TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

- Granalladoras de turbina
- Equipos de chorreado
- Lavadoras y túneles de lavado

ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.
Telf. 93 246 10 00 - 93 246 16 01
E-mail: info@aymsa.com
www.aymsa.com

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 ARCIXAO, 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

Interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.
Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos
Pi. Sangróniz, Ibaiene 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

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

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS GmbH & Co. KG
Tecnymat Aceros, S.L.

AFE CRONITE TECHNOLOGIES
Diseño y fabricación de piezas fundidas en aleación de cromo / níquel
AFE Cronite Technologies - Ilárraza, 14 - 01192 ILARRAZA (ALAVA)
Tfno: 945-293400 / Fax: 945-293145 - E-mail: mcg@mcg-tt.com

METALOGRÁFICA DE LEVANTE S.A.
TRATAMIENTOS TÉRMICOS
SERVICIO Y CALIDAD
- Temple en Vacío
- Cementación
- Nitruración, Nipro
- Carbonitruración
- Temple en Atmósfera Controlada
- Temples de muelles, series, etc.
- Estabilizados, normalizados, recocidos
- Deshidrogenados, Recristalización, etc.
- Laboratorio Metalúrgico
- Espectrometría
- Consulting
- Recogidas y entregas de material

S. A. METALOGRAFICA
TRATAMIENTOS TÉRMICOS

NUESTROS SERVICIOS	CAPACIDADES MÁXIMAS
TT VACÍO DE MOLDES, MATRICES Y HERRAMIENTAS CEMENTACIÓN Y CARBONITRURACIÓN NITRURACIÓN NITROVAC-S® NITROCARBURACIÓN ANTIOXIDANTE TENFER: NITRURACIÓN ANTIDESGASTE TT ACERO RÁPIDO HIPERTEMPLE BONIFICADO, RECOCIDO Y NORMALIZADO DUR-BRILL®: MOLETEADO DURO OXY-VAPOR®: TT ANTICORROSIVO NOBYT®: PAVONADO DURO ANÁLISIS DE MATERIALES ASESORAMIENTO METALÚRGICO DURPLAN®: TEMPLE PIEZAS PLANAS	TEMPLE EN VACÍO: ø 1000 x 2000 mm (Masas hasta 2000 Kg) NITRURACIÓN Y NITROCARBURACIÓN: ø 1000 x 1500 mm CEMENTACIÓN, CARBONITRURACIÓN, BONIFICADOS: 1000 x 1000 x 700 mm (Piezas hasta 2000 Kg) TEMPLE EN PRENSA: Piezas hasta 5000 m/m

CENTRAL
Polig. Ind. POLIZUR - Naves 4, 5 y 6
08290 CERDANYOLA (Barcelona)
93 580 53 53 FAX 93 580 29 61

DURPLAN®
C/ Turó de l'Home, 2
08400 GRANOLLERS
93 861 60 77 FAX 93 861 60 78

COMERCIAL
SATEC
PINTURAS PROTECTORAS PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS "CONDURSAL"
ACEITES RÁPIDOS DE TEMPLE "DURIXOL"
• POLÍMEROS DE TEMPLE, "SERVISCOL Y POLYQUENCH"
• AGENTES LIMPIADORES, "SERVIDUR"
• ACEITES ANTICORROSIVOS Y PAVONADO, "SERVITOL"
COMERCIAL SATEC, S.L.
P.A.E. ASUARAN Edificio Enekuri, nave 9 • 48950 ERANDIO (Vizcaya)
Tel: 94 471 16 63 • Fax: 94 471 17 41
info@comercial-satec.com • www.comercial-satec.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

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@terra.es

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

- Laboratorio de ensayo de materiales : an lisis qu micos, ensayos mec nicos, metalogr ficos de materiales met licos y sus uniones soldadas.
- Soluci n a problemas relacionados con fallos y roturas de piezas o componentes met licos en producci n o servicio : calidad de suministro, transformaci n, conformado, tratamientos t rmico, termoqu mico, galv nico, uniones soldadas etc.
- Puesta a punto de equipos autom ticos de soldadura y rob tica, y temple superficial por inducci n de aceros.
- Cursos de fundici n inyectada de aluminio y zamak con pr ctica real de trabajo en la empresa.

testo
testo 6681
Instrumentos y sondas de medición portátiles y electrónicos, fabricados conforme el estándar ISO 9001, para los siguientes parámetros:
• Temperatura
• Velocidad
• Presión
• Humedad
• Emisiones
• Calidad del aire interior (CO_2)
• Analizadores de productos de la combustión
• Medidor calidad aceite de cocinar
• Análisis de agua
• Luz/Sonido
• rpm
Instrumentos testo S.A. - Zona Industrial c/B nº 2 - 08348 Cabrils (Barcelona)
Tel. 93 753 85 20 - Fax: 93 753 95 26 - www.testo.es - info@testo.es

Termopares especiales
calibraciones ENAC
automatización de procesos
Reguladores
Video-Registradores
pirometro infrarrojo
calibración hornos de vacio
experiencia
desde -200 a 2400°C
Termopares
Suministro y Calibración Industrial s.l.
www.scienpresa.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 d2,1,203,48950 Erandio tel.944765270 sci@scienpresa.com

TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN ATMÓSFERA CONTROLADA
CEMENTACIÓN, CARBONITRURACIÓN, TEMPLE Y REVENIDO
TRATAMIENTOS EN VACÍO PARA UTILLAJES
TEMPLE, HIPERTEMPLE ACEROS INOXIDABLES
RECOCIDO BRILLANTE, ENVEJECIMIENTO, REVENIDOS, NITRURACIÓN Y NITROCARBURACIÓN (ALLNIT)
tte tratamientos térmicos especiales
CENTRAL
DELEGACIÓN COMUNIDAD DE VALENCIA
www.tte.es

EMPLEO

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

Disponibilidad total para viajar.

Interesados contactar:
benarrochjr@hotmail.com

INDICE de ANUNCIANTES

AFE CRONITE 19

ARROLA 15

BAUTERMIC 13

COMERCIAL SATEC 5

ENTESIS 13

EUCON . . . . . Contraportada 4

EUROSURFAS 17

HORNOS IND. PUJOL . . . . . Contraportada 2

INSTRUMENTOS TESTO 9

INTERBIL 3

IPSEN . . . . . PORTADA

LIBRO DE TRATAMIENTOS TERMICOS 29

MTC 7

REVISTAS TECNICAS . . . . . Contraportada 3

TECNYMAT 9

Próximo número

SEPTIEMBRE

Nº Especial PROVEEDORES.