TRATER Press

DICIEMBRE 2017 • Nº 62

REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

www.pedeca.es

30 BIEMH

YOU MAKE IT BIG

BE IN

INDUSTRY 4.0

INTELLIGENT PRODUCTION

INTEGRATED SYSTEMS

INTERNATIONAL OPPORTUNITIES

INNOVATION AND TRENDS

BILBAO-SPAIN
28 MAY/1 JUN
2018

Collaborators:

Euskadi, bien común

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

EKONOMIAREN GARAPEN ETA AZPIEGITURA SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS

AiMHE
ASOCIACIÓN DE IMPORTADORES DE MÁQUINA - HERRAMIENTA

Organizers:

AFM Advanced Manufacturing Technologies

www.afm.es

BEC! BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

www.biemh.com

Nuestra Portada

Ingeniería y Productos para Hornos

Resistencias para hornos eléctricos.
Reguladores de potencia a tiristores.
Equipos de control de atmósferas.
Quemadores auto recuperativos.
Hornos de Tratamiento y Laboratorio.
Mantenimiento de Hornos.

Igeniería Térmica Bilbao, SL
Iberre 1 M5 Sondika Vizcaya - Spain
Tel +34 944 535 078 Fax +34 944 535 145
Email: bilbao@interbil.es
www.interbil.es

Tecnología en Procesos térmicos

Sistema FLOX, de combustión sin llama.
Innovación en auto recuperación.
Nuevo recuperador con intercambiador de tubos hasta el 85% de eficiencia.
Servicio técnico y de repuestos global.
Quemadores directos o con tubo radiante.

Wärmeprozesstechnik GMBH WS
D71272 Renningen Alemania
Tel +49 7159 1632-0 Fax +49 7159 2738
Email: ws@flox.com
www.flox.com

Sumario • Diciembre 2017 - Nº 62

Editorial 4

Noticias 6

Nombramiento de David Salerno en SOLO Swiss SA • Bilbao Exhibition Centre recoge el testigo de Wind Europe • Heavy duty.

Información

- Primera planta europea de reciclaje y refinado de aleaciones de titanio - *Por SECO / WARWICK Group* 8
- Las exportaciones aeronáuticas andaluzas de enero a septiembre alcanzan la cifra récord de 2.334 millones y superan las de todo 2016 10
- MetalMadrid 2017 cierra su 10ª edición con un 24% de incremento en asistentes 12
- Los Recubrimientos Electro-Cerámicos (ECC) BONDERITE consiguen un rendimiento excepcional gracias a sus soluciones innovadoras 14
- La XV edición de Tratermat celebrada en Linares 16
- AER anuncia su nueva denominación y traslada la sede social 18
- Pirómetros de alta resolución con sólido cabezal de sensor remoto 19
- El titanio y sus aleaciones (y Parte 2) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* 20
- Nueva generación de quemadores auto recuperativos WS – FLOX - *Por WS WÄRMEPROZESSTECHNIK GmbH e INTERBIL S.L.* 28
- ABB presenta al nuevo miembro de la familia YuMi 32
- Con M3MH, Innovalia Metrology continúa ampliando su gama de soluciones de metrología 33
- La deformación de las piezas cementadas: posibilidades de mejora para reducir los defectos que tienen por origen el tratamiento térmico - *Por André MULOT* 34
- Prensado isostático en caliente para piezas de fabricación aditiva - *Por Johan Hjärne y Magnus Ahlfors* 40

Guía de compras 47

Índice de Anunciantes 50

Síguenos en

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

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

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

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

Redactor honorífico:
José María Palacios

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

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

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

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

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

Asociación colaboradora
ASAMMET Asociación de Amigos de la Metalurgia

Editorial

10 AÑOS

La cifra mágica de los 10 años también nos toca cumplirla y celebrarla.

10 años son muchos o pocos, depende cómo y para qué se miren, pero en nuestro caso son muchos y con enorme aprendizaje detrás. Hemos sufrido verdaderos malos momentos, allá en 2009 y 2010 nos costó mucho, muchísimo. Después hemos ido remontando, recuperando, recobrando la salud que se dice. Ahora estamos mejor, más sanos y fuertes como un chaval de 10 años.

Este editorial es de "agradecimiento", toca dar las GRACIAS. Gracias a todos los que forman parte ahora de **PEDECA Press** y también gracias a todos los que han formado parte en algún momento. Gracias a todos los anunciantes que habéis confiado esporádicamente o continuamente en nosotros y gracias a lectores y colaboradores.

Y como siempre en estos casos, gracias al trabajo y a la ayuda, cómo no. La ayuda de la familia ha sido vital, mi mujer, hijos, padres y hermanos que no han dejado de apoyar la iniciativa.

Y sobre todo el trabajo, sin trabajo no hay recompensa. Y ese trabajo, junto con el de otra persona que lo ha dado todo y se ha desvivido por **PEDECA Press**, tengo que reconocerlo como se merece y agradecérselo enormemente.

¡Muchas gracias Carolina Abuin!

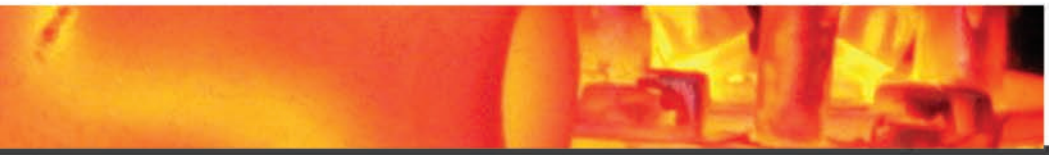
Y ya para terminar el año, desearles unas Felices Fiestas y que tengamos un buen 2018.

Antonio Pérez de Camino

PORQUE LA DIFERENCIA SE MARCA DESDE EL PRINCIPIO

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

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



ARROLA®

SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

SERVICIO INTEGRAL

PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TERMICO Y GALVANIZADO EN CALIENTE

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

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

publiadk.com

Nombramiento de David Salerno en SOLO Swiss SA

David Salerno se une a SOLO Swiss como jefe de la nueva división de grupo "Standards & Services".

Miembro del comité ejecutivo, se encargará de desarrollar actividades BOREL (hornos y hornos estándar para laboratorios e industria) y servicios (servicios post-venta, consultoría y formación metalúrgica, sistema de gestión e Industria 4.0).

David Salerno, ingeniero en ciencias de materiales, brindó antes la dirección general de SAFED en Suiza, Alemania y Francia y tiene una larga experiencia en ventas y gestión de proyectos en la industria del automóvil, particularmente en MAHLE Motorkomponenten Switzerland y Federal Mogul en Francia y Alemania.

SOLO Swiss fabrica hornos de atmósfera para tratamiento térmico de metales desde 1924 comercializados alrededor del mundo.

Info 1

Bilbao Exhibition Centre recoge el testigo de Wind Europe

Durante la última jornada de celebración de "WindEurope Conference & Exhibition" en Ámsterdam, que ha reunido a más de 8.000 delegados procedentes de 400 empresas de 50 países, responsables de Bilbao Exhibition Centre han recibido el testigo para acoger la próxima edición de la feria en abril de 2019. La firma del acuerdo de colaboración entre Bilbao Exhibition Centre y la Asociación Europea de Energía Eólica, ha sido plasmada por el Director General de BEC, Xabier Basañez, y Giles Dickson, Consejero Delegado de la mencionada asociación de energía eólica.

Ambos directivos han coincidido en subrayar que el País Vasco tiene un tejido industrial en el sector eólico muy importante, con grandes empresas y una facturación de más de 7.000 millones de euros gracias al trabajo de 15.000 personas, y se han mostrado optimistas respecto a la cita de 2019.

Por su parte, la consejera de Desarrollo Económico e Infraestructuras Arantxa Tapia también ha participado en WindEurope y ha tenido oportunidad de conocer de cerca las soluciones tecnológicas de primer nivel que ofrecen las

empresas vascas expositoras en el stand impulsado por el Ente Vasco de la Energía (Basque Country-Wind Energy), donde firmas asociadas al Clúster de Energía muestran desarrollos tecnológicos propios, así como las capacidades de toda una red de empresas de servicios auxiliares para la operación, gestión y mantenimiento de parques eólicos, tanto terrestres como marinos.

Info 2

Heavy duty

La división Heavy Duty de Sodeca se ha especializado en la construcción de ventiladores y extractores de gran formato. Esta tipología de producto ha desarrollado para satisfacer las diversas exigencias de numerosos campos de aplicación industrial.

Para cumplir con este objetivo, Sodeca dispone de una línea de productos standard y una línea de productos de fabricación especial.

Principalmente se instalan en los sistemas de acondicionamiento civil e industrial, en las plantas de secado, en cabinas de pintura, calderas, hornos, quemadores industriales, depuración de gases, transportes de material, cementeras, atmósferas explosivas ATEX, Oil&Gas y otras aplicaciones industriales.

Su versatilidad de uso y amplia gama les permite ofrecer una solución a cada necesidad.

Info 3

HORNOS DE INDUCCIÓN

PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

I-HAZ

MAXIMIZA EL CONTROL DEL PROGRESO

MODO STAND-BY:

MINIMIZA LOS RECHAZOS EN PARADAS Y ARRANCADAS

INDUCTOTHERM GROUP | IBERIA

Alta productividad y alta seguridad para su forja

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

Primera planta europea de reciclaje y refinado de aleaciones de titanio

Por SECO / WARWICK Group

En Francia, específicamente en Saint-Georges-de-Mons (Puy-de-Dôme), se ha inagurado una planta europea de reciclaje y refinado de aleaciones de titanio dedicadas a soluciones de aviación. Ésta es la primera planta de producción de titanio en Europa que produce lingotes de titanio, con chatarra de los principales fabricantes de aviones y sus subcontratistas.

RETECH, parte del Grupo SECO / WARWICK, se ha convertido en el principal proveedor de tecnología avanzada de metal al vacío para ese proyecto estratégico francés, que supone la creación de una fuente europea de titanio, la inauguración de la nueva era aeroespacial.

La ceremonia inaugural fue realizada por UKAD, ADEME y Crédit Agricole Center en presencia de Benjamin Griveaux, Secretario de Estado de Economía y Finanzas, y Christel Bories, Presidente y CEO de ERAMET, y SECO / WARWICK: Paweł Wyrzykowski, Presidente de SECO / WARWICK Group, Artur Wiechczynski, Director del Departamento de Hornos de Fusión, Earl Good, Director Gerente de Retech Systems USA, Nathaniel Slinker, Di-

rector de Producto de VAR.

Como destacó EcoTitanium, la inauguración es el paso final en la creación de la primera fuente integrada de titanio en Europa, que abre la puerta de la industria aeroespacial a soluciones nuevas, respetuosas con el medioambiente e innovadoras, que son completamente independientes de los proveedores estadounidenses y rusos hasta ahora.

La ingeniería de RETECH en la práctica: con diseños modernos

"Con nuestras soluciones completas y personalizadas, nuestros socios, incluido EcoTitanium, están ganando una ventaja competitiva en la industria. Todo gracias a nuestras modernas tecnologías y equipos en el campo de la metalurgia al vacío. Este conocimiento y experiencia nos permiten cumplir con los requisitos más estrictos. requisitos, pasión y motivación por la innovación. Por otro lado, permiten encontrar soluciones individuales y óptimas ", comentó Paweł Wyrzykowski, presidente del Grupo SECO / WARWICK.

Durante 50 años RETECH, parte del Grupo SECO / WARWICK, diseña e implementa metalurgia al vacío, lleva a cabo proyectos de I + D, construye y prueba equipos para clientes en los mercados globales.

"La cooperación activa y de larga data con representantes de diversos sectores del mercado, nos ha permitido conocer y comprender sus necesidades y requisitos específicos. Como resultado, sabemos cómo satisfacer mejor sus expectativas. Al mismo tiempo, como fabricante de hornos muy integrado en el mundo, brindamos a nuestros clientes acceso a una amplia gama de soluciones personalizadas que incluyen tecnología, materiales y procesos ", explica Earl Good, Director General de RETECH.

"El dispositivo con el que está equipado nuestro socio EcoTitanium consta de tres unidades metalúrgicas: un horno de plasma (PAM) para derretir gas inerte de plasma o plasma, y dos hornos de arco VAR para fundición de titanio", dice Earl Good. Por ahora, el primer horno de arco está instalado. La construcción y la entrega del segundo se planean en la próxima etapa.

Las exportaciones aeronáuticas andaluzas de enero a septiembre alcanzan la cifra récord de 2.334 millones y superan las de todo 2016

Andalucía alcanza un nuevo récord de exportaciones del sector aeronáutico en los primeros nueve meses de 2017, superando en casi 1.000 millones las ventas totales del año 2016 (1.405 millones) en este periodo. La comunidad acapara 4 de cada 10 euros que vende España, al registrar 2.334 millones de euros y un alza del 128% respecto al mismo periodo del año anterior, un crecimiento que duplica al nacional (56%), en concreto, se coloca 72 puntos por encima.

Con este récord histórico para el periodo desde que existen las estadísticas de comercio exterior, Andalucía se sitúa como segunda comunidad exportadora de este sector, con el 42% de las ventas, sólo a dos décimas de Madrid, (2.465 millones y 44% del total), y por delante del País Vasco, que,5

sólo supone el 4,6% del total (256 millones).

Además, la región andaluza ostenta un saldo positivo en la balanza comercial de 797 millones, mientras que las ventas a nivel nacional registraron en este periodo un déficit de 58 millones de euros.

Sevilla-Cádiz eje exportador

En cuanto a las provincias exportadoras, el eje Sevilla-Cádiz concentra casi el 100% de las ventas. Sevilla es líder, al alcanzar los 2.065 millones (89% del total) y una subida del 180%, más del doble respecto a los primeros nueve meses 2016; y Cádiz está en segundo puesto, con 264 millones (11,3% del total).

Les siguen con una menor cantidad en ventas Córdoba (3,7 millones) con un crecimiento del 4,4%; Málaga (1,7 millones de euros) con una subida del 56%; y Jaén (69.000 euros) con un incremento del 54%.

Los principales productos exportados están liderados por aeronaves, con 1.827 millones (78% del total), que triplica su cifra con un alza del 218% con respecto a los primeros nueve meses de 2016. En segundo lugar, se encuentran equipamientos de navegación aérea, con 508 millones (21,8% del total) que crecen un 12,4% con respecto a enero-septiembre del año pasado.

Europa principal destino

En cuanto a los principales mercados de destino de las ventas aeronáuticas andaluzas, crecen nueve de los diez primeros, cinco de ellos por encima del cuádruple. En concreto, Alemania se aúpa como primer país en este periodo, con 833 millones (36% del total), que multiplica por 39 su cifra con un aumento del 3.819% respecto a los primeros nueve meses de 2016, el segundo mejor crecimiento entre los principales destinos.

Le sigue Reino Unido, con 487 millones (20,9% del total) con el mayor alza de este periodo entre los diez primeros destinos, del 7.832%, con lo que multiplica por 79 sus cifras; y en tercer lugar está Francia, con 439 millones (18,8% del total) que crece un 44%.

En cuarta posición se sitúa Turquía, primer mercado extracomunitario, con 248 millones (10,6% del total) y el segundo mayor incremento de enero a septiembre, con un alza del 5.486%, con lo que multiplica su dato por 55 respecto a las ventas del mismo periodo del año anterior; seguido de Malasia (131 millones) que crece un 6,8%; Estados Unidos (47 millones), que casi duplica sus ventas con un aumento del 95%; y Tailandia (43 millones) que sube un 54%.

En octavo lugar se encuentra Bangladesh (30 millones);

seguido de Brasil (16,2 millones); y Arabia Saudí (7,8 millones), que multiplica su dato por cuatro con un alza del 375% en este periodo.

Apoyo de Extenda al sector

Con el objetivo de continuar impulsando la internacionalización de las empresas andaluzas del sector aeronáutico, Extenda ha programado para 2017 diferentes acciones estratégicas. Entre ellas, destaca la presencia agrupada en las principales ferias internacionales como Aerospace Meetings Lisboa, Paris Air Show- Le Bourget; Aerospace Meetings Casablanca y Airtec de Munich.

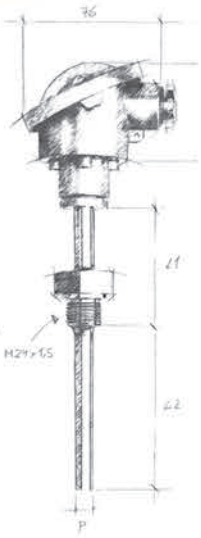
Además, se han celebrado una misión comercial directa a Estados Unidos y Canadá, en la que se establecieron contactos con Boeing y Bombardier. A esto hay que añadir visitas prospectivas a eventos destacados en el calendario del sector como Heliexpo, Xponential, GOCA Spring y GOCA Fall, NBAA o MRO Americas; y se organizó también una misión inversa en el General Atomic Industry Days en Málaga, en la que participaron 21 empresas andaluzas.

En 2018, Extenda organizará la cuarta edición de Aerospace & Defense Meetings-ADM Sevilla 2018, el mayor evento de negocios del sector que se celebra en España, que tendrá lugar entre el 15 y el 18 de mayo, con el objetivo de consolidar a Andalucía como capital del negocio aeroespacial en nuestro país y punto de referencia del circuito mundial del sector.

La tercera edición de ADM Sevilla, que se celebró en mayo de 2016, supuso la consolidación del carácter bienal del evento, que en sólo tres ediciones ha conseguido prácticamente duplicar la participación empresarial con la que nació en 2012, pasando de 288 a 500 empresas participantes en 2016, e incrementar un 60% el número de profesionales, hasta los 1.108, lo que redunda en un mayor conocimiento e internacionalización del cluster aeroespacial andaluz.

FABRICACIÓN SENSORES DE TEMPERATURA

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



LABORATORIO CALIBRACIÓN in situ

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

SCI Suministro y Calibracion Industrial s.l.

www.sciempresa.com

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

MetalMadrid 2017 cierra su 10ª edición con un 24% de incremento en asistentes

MetalMadrid 2017, ha resultado ser todo un éxito con un incremento del 24% de asistentes respecto al año anterior.

La feria reunió durante los días 15 y 16 de noviembre en Feria de Madrid a más de 450 expositores –el 10% de los cuales internacionales– que han protagonizado dos días de puro negocio, en la que ya se ha consolidado como cita anual del sector industrial de España.

La reciente incorporación de MetalMadrid a la cartera de salones de Easyfairs, forma parte de la estrategia para impulsar el crecimiento y consolidación de MetalMadrid y confirma a Easyfairs como el primer organizador ferial privado de España y Portugal, tanto en número de salones como en sectores en los que está presente.

Más del 50% de los expositores y patrocinadores de esta edición ya han reservado un espacio para MetalMadrid 2018. En este sentido, Easyfairs ya ha previsto ampliar el espacio para acoger a todas las nuevas empresas que quieran formar parte de MetalMadrid, si bien el salón seguirá siendo anual y con una duración de dos días.

La innovación en el sector industrial ha sido la temática principal de las Jornadas Técnicas de MetalMadrid 2017, donde se ha hablado de Internet de las Cosas, mantenimiento predictivo, fábricas inteligentes y los retos de la automatización y robótica industrial.

Metalmadrid 2018 se celebrará los días 26 y 27 de septiembre de 2018 y acogerá a numerosos sectores expositivos como subcontratación, mecanizados, robótica, máquina herramienta, lubricantes, soldadura y tratamiento de superficies entre otros. Así mismo se potenciarán los sectores más innovadores como la industria conectada y los composites.

Los expositores presentes destacan que el gran valor diferencial de MetalMadrid es "la posibilidad de aprovechar una gran cantidad de leads en tan sólo dos días".

Y es que MetalMadrid se concentra en dos jornadas de negocio puro para ofrecer a los asistentes una mayor eficiencia en tiempo y rentabilidad.

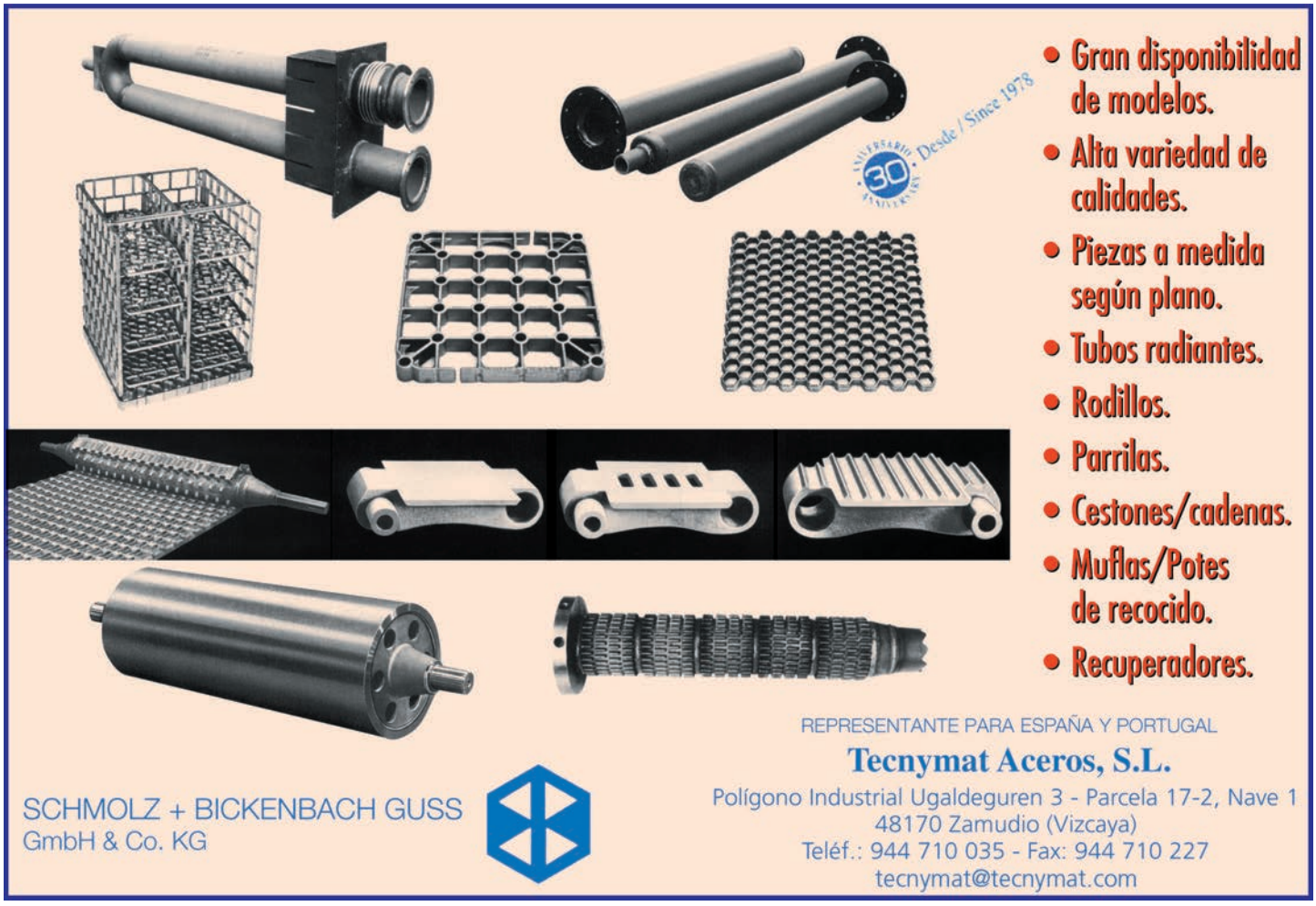
En este sentido, María José Navarro, Directora de Easyfairs Iberia, ha resaltado que "en MetalMadrid los asistentes han podido ver en dos jornadas a los contactos que de otra manera tardarían 6 meses en visitar".

Además, María José Navarro, ha destacado que "Easyfairs se ha consolidado como el primer organizador de ferias en todos los sectores", ya que "la innovación es la forma de hacer las cosas de Easyfairs, algo que cada vez atrae a más ferias y empresas que ven en nosotros el futuro de los salones profesionales".

Entre las novedades que Easyfairs pondrá en marcha en la edición de MetalMadrid del próximo año, estará la herramienta EasyGo, que permitirá a los expositores y visitantes conectar de forma digital antes, durante y después del salón e incrementar las posibilidades de networking.

Stand de PEDECA Press Publicaciones durante la última edición de MetalMadrid.

Easyfairs apuesta por los salones de dos días así como los stands "llave en mano", De modo que la participación sea lo más sencilla posible y expositores y visitantes sólo tengan que preocuparse de hacer negocios.

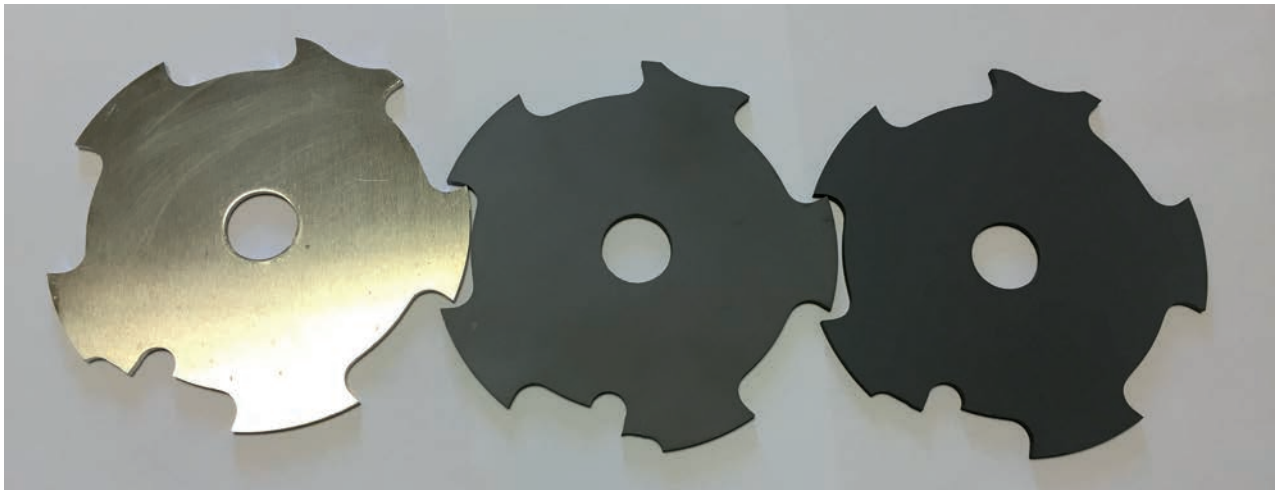


Los Recubrimientos Electro-Cerámicos (ECC) BONDERITE consiguen un rendimiento excepcional gracias a sus soluciones innovadoras

BONDERITE, líder mundial en recubrimientos funcionales, ha desarrollado una tecnología de depósito electrolítico por plasma que permite el tratamiento de aleaciones de aluminio y titanio. Este recubrimiento –una capa de óxido de titanio de 2 a 20 micras– ofrece una excelente protección contra la corrosión.

La tecnología electrocerámica, destinada a reemplazar tecnologías como la anodización crómica o la fosfatación de zinc y níquel, es capaz de aguantar las condiciones más extremas en términos de corrosión, abrasión y temperatura. BONDERITE, cuyos productos representan las principales tecnologías de tratamiento de superficies y soluciones para los procesos productivos, cuenta con una gama de recubrimientos electro-cerámicos multifuncionales, en base de óxido de titanio, que protegen las piezas de aluminio y titanio más sensibles. La marca ha desarrollado una tecnología de depósito electrolítico por plasma, que permite el tratamiento de aleaciones de aluminio y titanio. Este recubrimiento, que consiste en una capa de óxido de titanio de 2 a 20 micras, según las especificaciones, ofrece una excelente protección contra la corrosión, una dureza similar o superior a la anodización dura y es compatible con REACH y ROHS.

Los Recubrimientos Electro-Cerámicos (ECC) BONDERITE aumentan la eficacia de las aplicaciones, ahorran costes de procesos y permiten la sustitución de las piezas de acero por otras más ligeras. Además, su aplicación permite aumentar significativamente la vida útil de las piezas tratadas y facilita las operaciones de fabricación. Esto aporta una ventaja competitiva en la fabricación industrial, a la vez que se cumplen los estrictos requisitos medioambientales, tanto de hoy como para el



futuro. Al utilizar estos tratamientos, las piezas adquieren propiedades funcionales: anticorrosivas, antifricción y mayor resistencia térmica. En la actualidad, estos recubrimientos tienen una amplia aplicación en la industria marina, la iluminación exterior, los componentes de motores y la electrónica.

Tratamiento simple y rápido

Los Recubrimientos Electro-Cerámicos (ECC) BONDERITE permiten tratar metales ligeros como aluminio, titanio y sus respectivas aleaciones, así como depósitos de aluminio mediante pulverización y chapado a través de un proceso muy sencillo. Tras realizar un desengrasado alcalino, las piezas se enjuagan y sumergen en un electrolito a temperatura ambiente. El electrolito, a base principalmente de fluoruro de titanio, no contiene metales pesados y es compatible con la legislación REACH y ROHS. El tratamiento se realiza mediante corriente pulsada, que permite depositar, por medio de microarcos y en solo de 1 a 5 minutos, una capa de óxido de titanio extremadamente homogénea en toda la superficie de la pieza.

Propiedades más destacadas

La tecnología de depósito por plasma electrolítico permite crear una capa protectora que ofrece excelente resistencia a la corrosión incluso en las condiciones más duras. Este proceso abre nuevas opciones, particularmente en el campo de los recursos marinos y offshore. Además, gracias a su dureza excepcional en el intervalo de 400 a 1000 Vickers, esta tecnología permite sustituir la anodización dura o incluso reemplazar piezas de acero por otras de aluminio tratado con los Recubrimientos Electro-Cerámicos (ECC) BONDERITE y, de ese modo, reducir el peso. Asimismo, esta tecnología aporta considerables beneficios al campo de los motores. La rugosidad y, por lo tanto, el coeficiente de fricción del recubrimiento es particularmente bajo, por lo que es posible combinarlo con un lubricante para obtener una excelente durabilidad de los pistones.

Si a esto se le suma su alta resistencia a los disolventes, la abrasión y la temperatura (muy por encima del punto de fusión del aluminio, 660 °C), la conclusión es que la tecnología de los Recubrimientos Electro-Cerámicos (ECC) BONDERITE permite reducir significativamente el desgaste de los materiales y, en consecuencia, los costes de mantenimiento, aumentando así la vida útil de los componentes.

AICHELIN Group

HORNOS DE TRATAMIENTO – MAQINAS DE INDUCCION - QUEMADORES

Hauzer TECHNO COATING

EQUIPOS DE PVD – Y - PACVD

Lohmann Qualität in Edelstahl

UTILLAJES – PARRILLAS - CESTAS

PINTURAS ANTICEMENTANTES - ANTINITRURANTES

DISEÑO Y CONSTRUCCION

HORNOS DE LABORATORIO E INVESTIGACION

SERVICIO TECNICO

REPUESTOS PARA HORNOS IPSEN

TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.

Polígono Ibaiondo
Pabellón nº 13
20120 Hernani - Spain

TF : + 34 943 33 72 33
Fax : + 34 943 33 72 34
Mv. : + 34 609 20 00 90

e-mail: hot@tecnicashot.com

La XV edición de Tratermat celebrada en Linares

El Congreso Internacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie, Tratermat, que ha celebrado su XV edición del 3 al 6 de octubre en el Campus Científico y Tecnológico de Linares, ha cerrado su balance con datos muy positivos. El 43% de sus asistentes han provenido del ámbito universitario (catedráticos, investigadores y estudiantes dedicados en la actividad científica), mientras el 32% pertenecían a la empresa privada, de forma que este encuentro bienal ha favorecido la transferencia de conocimientos del ámbito académico al empresarial. Del centenar de asistentes, el 25% restante ha estado compuesto por entidades, asociaciones, centros tecnológicos y otras organizaciones relacionadas con la I+D+i. Se trata de un evento que ha contado con el mecenazgo del Ayuntamiento de Linares, el Centro Tecnológico Mertalmecánico y del Transporte-CETEMET, la Diputación de Jaén, la Universidad

de Jaén, la Escuela Politécnica Superior de Linares, la Universidad de Jaén y Caja Rural.

El evento ha contado en su acto de apertura con personalidades como el secretario general de Universidades, Investigación y Tecnología de la Junta de Andalucía, Manuel Torralbo Rodríguez; el rector magnífico de la Universidad de Jaén, Juan Gómez Ortega; y el presidente del Comité Organizador del congreso y director de CETEMET, Ángel D. Fraile Marín. El Centro Tecnológico Metalmecánico y del Transporte (CETEMET) ha sido la entidad encargada de la organización del congreso.

Tras el cierre de esta decimoquinta edición, la experiencia por parte de las personas inscritas ha sido muy favorable, ya que casi el 80% han valorado positivamente el contenido ofrecido, mientras que más del 70% lo han considerado de utilidad.

Además, el 75% de los asistentes ha calificado como muy bueno o bueno el nivel de los ponentes, a la vez que casi el 85% ha otorgado una puntuación alta a la

valoración general del congreso. A nivel específico de contenido, los asistentes han destacado los temas y ponencias relacionados con los tratamientos y la fabricación aditiva y los han señalado como los de mayor interés en esta edición.

Según Ángel D. Fraile, "la edición de Tratermat que se ha celebrado en Linares, tras más de 30 años de trayectoria, ha sido todo un éxito que ha cumplido su principal propósito, el de convertirse en referente en los avances y las tendencias dentro de los tratamientos térmicos y de superficie". "La importante presencia universitaria y empresarial, así como de otras entidades investigadoras, centros tecnológicos y organizaciones, ha propiciado el intercambio de experiencias y conocimientos en un marco de mejora que repercutirá positivamente en la actividad del sector", detalla el representante de CETEMET.

AER anuncia su nueva denominación y traslada la sede social

AER anuncia la renovación de su imagen corporativa, el cambio de sede social, así como la nueva denominación.

Novedades significativas que, sin lugar a dudas, dan buena muestra del nuevo impulso que toma la asociación para abarcar, en un proyecto común, a todos los actores implicados en el ámbito de la robótica y la automatización en España.

Durante la última asamblea general fue aprobado el cambio de denominación de Asociación Española de Robótica y Automatización Tecnologías de la Producción (AER-ATP), a Asociación Española de Robótica y Automatización (AER), con el objetivo de ampliar el perímetro a todas las tecnologías aplicadas dentro de la automatización industrial.

Asimismo, la asociación ha trasladado su sede social al Parque Tecnológico del Vallés y ahora se encuentra en la Calle Ceramistes, núm. 2, de Cerdanyola del Vallès (Barcelona), en el mismo edificio del Centro Tecnológico Eurecat.

Este cambio permite una mejora sustancial de la infraestructura de la asociación, además de permanecer cerca del conocimiento y la innovación en un entorno eminentemente tecnológico.

Pirómetros de alta resolución con sólido cabezal de sensor remoto

Su diseño es ideal para aplicaciones con espacio reducido y montaje próximo a la fuente de calor y entornos agresivos. Los cabezales sensores ofrecen también una inmunidad mejorada a la interferencia electromagnética y se conectan a una sólida caja electrónica IP65, mediante un cable de fibra óptica con una longitud máxima de 22 metros. Los diferentes modelos de temperatura media y alta cubren una gama de temperaturas de 250 °C a 3.200 °C. Las versiones de pirómetros monocromos y de ratio están disponibles con una respuesta espectral de 1 ó 1,6 µm.

Los termómetros ratio por infrarrojos permiten la medición precisa de objetos parcialmente tapados, en atmósferas sucias o medio llenas de vapor, y de objetos pequeños o en movimiento que no ocupan totalmente el punto de medición, especialmente cables, varillas o flujos de metal fundido.

Entre los campos principales de aplicación están la fabricación de metales primarios y secundarios, la fabricación de vidrio primario y la soldadura láser. Con una resolución de 0,1 °C, los pirómetros Endurance cumplen además los requisitos de la industria de semiconductores. Están disponibles diversas lentes para diferentes distancias de montaje. Los sensores funcionan con corriente a través de Ethernet (PoE) o una fuente de alimentación de 24 V CC. Tienen también interfaces E/S analógicas aisladas y LAN/Ethernet, Profinet y RS-485.

La configuración del Endurance basada en PC y el software de seguimiento simplifican su configuración e instalación. Se pueden guardar en un servidor integrado los datos históricos para su trazabilidad, la solución de problemas y la visión remota. Toda la serie de pirómetros Endurance ofrece una garantía de cuatro años, la mejor de su categoría.

El cabezal remoto está disponible como opción para diferentes pirómetros monocromos y de ratio con temperaturas de medición de hasta 3.200 °C.

El titanio y sus aleaciones (y Parte II)

Por Manuel Antonio Martínez Baena. Ingeniero Metalúrgico

8.3.1.3. *Aleaciones de titanio beta*

Las aleaciones de titanio beta (β) –*que contienen mayor cantidad de elementos estabilizadores* β *que de estabilizadores* α– son aquéllas en las que su estructura a temperatura ambiente es predominante la fase beta (β); función principal de la acción de los aleoelementos estabilizadores β que permite estabilizar la fase β a temperatura ambiente. Las aleaciones con un contenido suficiente de elementos estabilizadores beta (β), que permite mantener la temperatura de transformación martensítica (**Ms**) por debajo de la temperatura ambiente; pero contenido, que a su vez, no es suficiente para mantener la temperatura β-***transus*** por debajo de dicha temperatura, se les denomina ***aleaciones de titanio beta metaestables*** [**β-Ti *metaestable***]. Aleaciones éstas que son las más importantes del grupo de aleaciones de titanio beta (β).

Las aleaciones de titanio beta (β) metaestables tienen, reiteramos, un mayor contenido en elementos estabilizadores de fase β, siendo su contenido de elementos estabilizadores de fase α muy inferior al de las aleaciones de titanio alfa + beta (α + β). Las aleaciones de titanio beta (β) metaestables se caracterizan por su elevada capacidad de endurecimiento en espesores pequeños, ya que pueden ser templadas en aire sin ninguna dificultad, reteniendo por completo la fase β en solución.

En este tipo de aleaciones, el titanio se combina con los mencionados elementos estabilizadores de β, que permite mediante un enfriamiento rápido del metal en solución –*material calentado a la temperatura de* β-***transus***–, se forme una masa matricial metaestable compuesta en su totalidad de la fase beta (β). Cuando posteriormente se realiza el tratamiento térmico de maduración, la estructura se refuerza por descomposición de la fase beta (β) metaestable, aumentando muy considerablemente la dureza y resistencia mecánica del material, provocada por la precipitación estructural de finas partículas de la fase alfa (α) en solución sólida, dentro de los granos β; **figura 8.9**. Tratamiento térmico éste con el que se alcanzan altos niveles de resistencia a la rotura que, normalmente, sólo se consiguen por la ya mencionada transformación parcial de la fase beta (β), generada durante la maduración realizada a temperaturas comprendidas entre 450 y 650 °C.

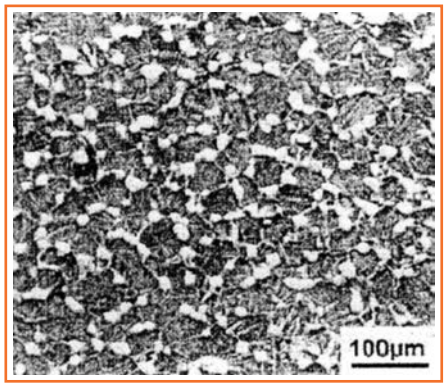


Figura 8.9. Micrografía en la que se observan finas partículas de α en solución sólida, dentro de los granos β por descomposición y precipitación de la fase β metaestable.

Las aleaciones de titanio beta (β) metaestables, en la condición de recocido, insistimos, sólo está presente la fase beta (β). Cuando el material se calienta a la temperatura de solubilización β-***transus***, y después de un cierto tiempo de solubilización, se enfría rápidamente

obteniéndose una estructura metaestable compuesta en su totalidad de fase beta (β). La presencia en dichas aleaciones de un alto contenido de elementos estabilizadores β isomorfos, incrementa el riesgo de fragilización del material al aplicarle el ciclo de tratamiento térmico de solubilización + temple + maduración: debido a la aparición de la fase omega [ω] por descomposición de la fase beta (β) durante el temple y, principalmente, en su posterior etapa de maduración; **figura 8.10**.

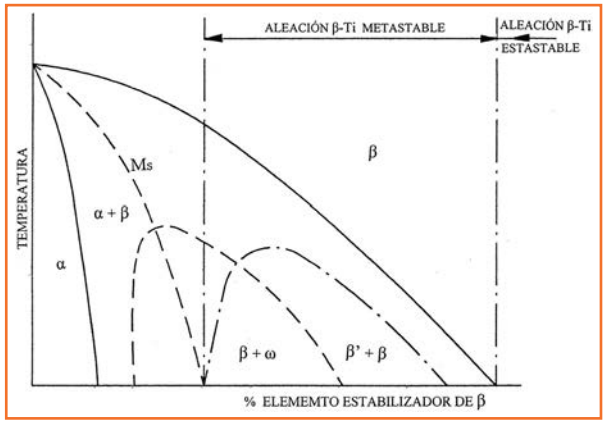


Figura 8.10. Diagrama de equilibrio seudo binario del sistema titanio-estabilizadores β Curva Ms y rangos de formación de la fases ω y β' superpuestas, normalmente inducidas en el tratamiento térmico: temple + maduración.

Fenómeno que se manifiesta, efectivamente, con una cierta mayor frecuencia durante el tratamiento de maduración del material; cuando éste se realiza, sobre todo, a temperaturas por debajo de 450 hasta 200 °C. Periodos largos de maduración conducen, también, a la transformación de la frágil fase omega [ω] en α; **figura 8.11**. Es cierto, y bien sabido, que la precipitación de la fase omega [ω] induce a una marcada perdida de tenacidad en el material; aunque la naturaleza de dicha fase es todavía muy discutida.

Resumiendo: las aleaciones de titanio beta (β) metaestables se caracterizan por una elevada ductilidad en estado de recocido; propiedad por la que son muy aptas para ser deformadas y conformadas en frío, pero siempre en un estado de recocido previo. Después del conformado y puesta en forma del material se pueden tratar térmicamente –*solubilización* + *temple* + *maduración*–, con lo cual insistimos, aumentan sus características mecánicas.

En tales aleaciones, elementos como; **p.ej.**: el circonio (**Zr**) no tienen ningún efecto sobre la temperatura de transición, pero sí pueden tener otros efectos sobre una distinta y aleatoria formulación: incremento de su resistencia mecánica a temperaturas bajas y moderadas. La adición de circonio, en contenidos entre el 5 por 100 al 6 por 100 [**Zr** = (5 ÷ 6 %)], puede reducir la ductilidad y, también, la resistencia a fluencia de las aleaciones de titanio β metaestables.

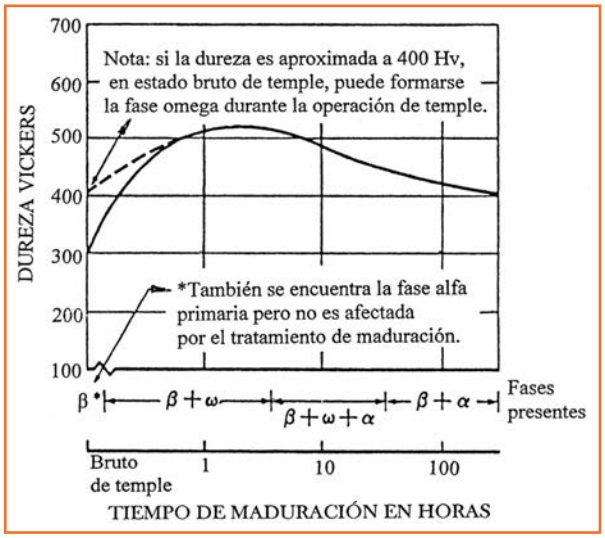


Figura 8.11. Relación entre la dureza y las fases presentes [β-ω-α] de una aleación de titanio beta (β) metaestable que ha sido templada y después madurada a 430 °C de temperatura.

8.4. Aleación de titanio Ti-6Al-4V

Al igual que sucede en la selección de los aceros inoxidables austeníticos; donde prevalece la primacía absoluta del acero inoxidable X5CrNi18.10 [**AISI 304]**, por ser la aleación principal y más representativa del grupo de aceros inoxidables austeníticos, así como la más utilizada. Lo mismo ocurre con la aleación **Ti-6Al-4V**; aleación de titanio α + β, que es la más característica de todo el grupo titanio metal. En su elección se procura que sus propiedades coincidan, en principio, con los requisitos del correspondiente diseño del componente mecánico a desarrollar y su puesta en forma.

La aleación **Ti-6Al-4V** es, dentro de las aleaciones de titanio, reiteramos, la de mayor utilización; ya que su consumo es el 50 por 100 [50%] de todo el titanio estructural que se produce y se consume en el mundo. La industria aeroespacial utiliza más del 80 por 100 [80%] de la mencionada aleación y del titanio metal. Esto se debe al excelente balance entre sus propiedades mecánicas, a una muy buena resistencia a la corrosión y a su magnífico comportamiento mecánico a temperaturas elevadas. Destacando también su capacidad de ser trabajada y conformada en caliente, así como de modificar

sus propiedades y características mediante tratamiento térmico.

Cuando se necesitan unas propiedades específicas de alguna otra aleación de titanio; distintas, por su puesto, a las que ofrece la aleación **Ti-6Al-4V**, hay que recurrir al gráfico de la **figura 8.12**. Gráfico guía para elegir, siempre con relación a aleación **Ti-6Al-4V**, la aleación más idónea para una aplicación dada.

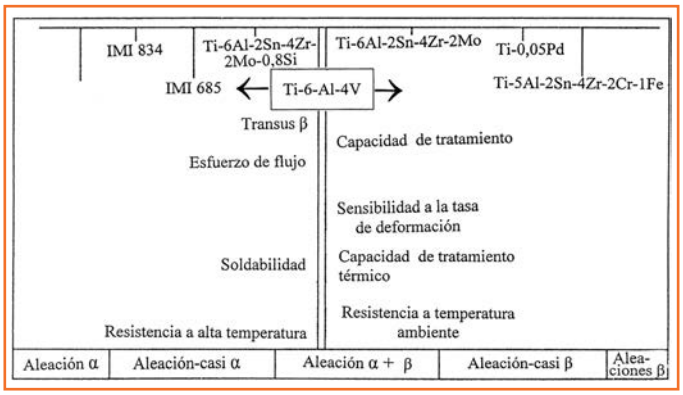


Figura 8.12. Cuadro guía para la selección de aleaciones de titanio a partir de la aleación **Ti-6Al-4V**.

Hay que tener en cuenta, también, además de este tipo de aleaciones, –*aleaciones de titanio* α + β– a las aleaciones de titanio ***casi***-β y a las aleaciones beta (β), que son consideras, asimismo, muy aptas para un gran número de aplicaciones, ya que presentan un excelente conjunto de propiedades: (1) gran plasticidad y grado de conformabilidad; (2) aceptable capacidad de tratamiento térmico y de soldeo; y (3) una alta resistencia a temperatura ambiente; **tabla 8.VI**.

8.5. Tratamientos térmicos de las aleaciones de titanio alfa + beta

El titanio y sus aleaciones, reiteramos, se suelen tratar térmicamente para mejorar preferentemente sus propiedades mecánicas, que son el resultado del tratamiento térmico efectuado:

- Aumento de la resistencia mecánica mediante ***bonificado***: solubilización, temple y maduración o revenido.
- Obtención de un mayor compromiso de ductilidad, estabilidad estructural y dimensional, así como una aceptable maquinabilidad y soldabilidad.
- Reducción de las tensiones lineales residuales provocadas durante la puesta en forma o hechurado del material: recocido eliminación de tensiones, recocido de recristalización, etc.

Las propiedades finales que se obtienen no dependen únicamente del tratamiento térmico, sino que son también función de la composición química del material o aleación. El grupo de aleaciones de titanio alfa + beta (α + β), es el que experimenta una mayor variación de propiedades mecánicas. Todo ello como consecuencia de la aplicación de distintos tratamientos térmicos, que a continuación se describirán.

En los tratamientos térmicos de las aleaciones de titanio alfa + beta (α + β), la primera distinción se encuentra en la fase o fases que se hallan presente en la masa matricial o estructura del material de origen y a la temperatura específica a la cual se realiza dicho tratamiento térmico. Esto permite, en la práctica, caracterizar dos grupos de tratamientos: (1) tratamientos en la región β; y (2) tratamientos térmicos en la región α + β. Una segunda diferencia, dentro de cada uno de estos condicionantes, viene fijada por la velocidad de enfriamiento desde la temperatura de tratamiento o bien de solubilización del material en cuestión.

Así, pues, los tratamientos térmicos de las aleaciones de titanio alfa + beta (α + β) se efectúan tanto por encima de la temperatura de β-***transus*** como por debajo de ella; ya que así se pueden conseguir distintas microestructuras y resultados diferentes en el material tratado: siempre en función de la temperatura de solubilización

MICROESTRUCCTURA	Resistencia [MPa]	Límite elástico [MPa]	Alargamiento [%]	Estricción [%]
Mill-annealed	945	880	18	34
Widmanstätten	885	750	15	18
Martensita α'	1.070	840	7	14

Tabla 8.VI. Valor medio de las propiedades mecánicas obtenidas por ensayo de tracción según la microestructura. Aleación **Ti-6Al-4V**.

y de la velocidad de enfriamiento del material que se trata térmicamente. Los tratamientos térmicos de solución sólida seguidos de temple –*enfriamiento rápido desde la región* β– puede dar lugar a estructuras aciculares martensíticas* α′ y α′′, o bien a estructuras mixtas formadas por granos de fase α y por los antiguos granos de β total o parcialmente transformados en α′ y β retenida: temples procedentes de la región α + β.

En este apartado, tomamos como referente los tratamientos térmicos que normalmente se efectúan a las aleaciones **Ti-6Al-4V**, por ser el tratamiento térmico más habitual y representativo de todas las aleaciones de titanio alfa+ beta (α + β) Como tal aleación α + β, la aleación **Ti-6Al-4V** puede presentar diferentes proporciones de fase α y/o de fase β, en función del tratamiento térmico realizado al material y de su contenido de elementos intersticiales.

8.5.1. *Recocido de eliminación de tensiones*

El ***recocido eliminador de tensiones***, como su nombre indica, se realiza para eliminar el estado de tensiones habidas en los procesos de puesta en forma y hechurado del material: moldeo, conformación en frío y/o en caliente, mecanizado por arranque de viruta, etc.; sin que afecte desfavorablemente a la resistencia, ductilidad y a la plasticidad, ni tampoco a la microestructura del material en cuestión.

Tratamiento térmico que se efectúa por debajo de la temperatura de β-***transus***; – *en la región* α + β– a una temperatura normalmente comprendida entre 600/ 650 °C, y una permanencia a dicha temperatura durante un tiempo que puede oscilar entre 1 hora a 4 horas, según la masa y composición del material a tratar. Finalizando el ciclo térmico, sigue un enfriamiento en aire. La velocidad de enfriamiento, aunque no es crítica, debe ser lo suficientemente lenta para no originar nuevas tensiones. Con dicho recocido, insistimos, se recuperan las características de ductilidad y alargamiento a la rotura del material.

8.5.2. *Recocido contra acritud o de recristalización*

Esta forma de recocido, caso típico en la aleación **Ti-6Al-4V**; aleación de titanio alfa + beta (α + β) que tiene en su composición química, como aleoelementos principales: **Al** 6% en peso; **V** 4% en peso. Tratamiento térmico éste que, como su nombre indica, se efectúa para volver a la normalidad estructural, mediante la recristalización de los granos endurecidos, por acritud, que han sido deformados y aplastados mediante un anterior proceso de deformación plástica del material, normalmente en frío.

Dicho tratamiento se realiza a una temperatura por debajo de β-***transus*** [Tª ~ 700 °C], pero siempre dentro del campo de fase α + β. Después de un tiempo mínimo de 3 horas de permanencia a esa temperatura y un posterior enfriamiento lento, se produce la transición β → (α + β); con lo cual se origina una estructura homogénea de morfología denominada ***mil-annealed***, formada por granos finos y equiaxiales de α y β; **figura 8.13**.

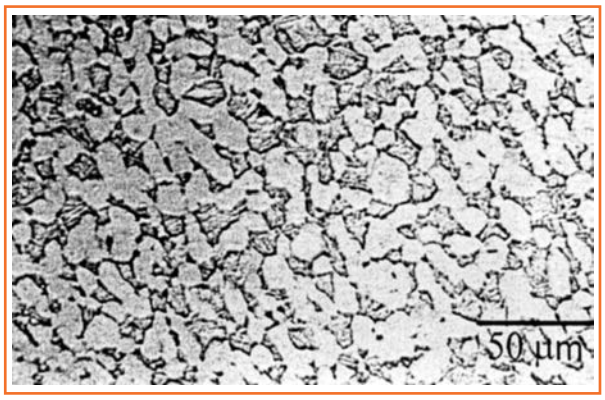


Figura 8.13. Microestructura ***mil-annealed***. Aleación **Ti-6Al-4V**.

Las aleaciones tipo **Ti-6Al-4V**, se utilizan preferentemente con microestructura ***mil-annealed*** con la que el material presenta una buena combinación de resistencia, tenacidad, ductilidad y resistencia a la fatiga. El límite elástico normalmente varía entre 750 a 890 MPa, dependiendo del proceso seguido de puesta en forma, de la efectividad del tratamiento térmico y composición química del material.

Calentando las aleaciones **Ti-6Al-4V** a una temperatura por debajo y próxima a la de β-***transus*** se logra des-

* Estudios últimamente realizados con microscopía electrónica y de difracción de rayos X muestran la existencia de dos tipos de martensita: (1) martensita α′ de estructura hexagonal compacta; y (2) martensita α′′ de estructura ortorrómbica: ambas estructuras saturadas con respecto a α + β. La martensita α′ es propia de aleaciones diluidas [de menor concentración de aleación] y la martensita α′′se presenta en aquellas aleaciones con mayor contenido de elementos estabilizadores de β. Es, por tanto, propia de aleaciones de alta concentración de aleantes. La martensita de las aleaciones **Ti-6Al-4V** está formada por α′.

pués un suficiente tiempo de solubilización a dicha temperatura, reiteramos, una solución sólida formada por granos equiaxiales de fase α no transformados en una masa matricial de fase β. Cuando, desde esa temperatura, se enfría lentamente el material, la solución β se transforma en α + β y la microestructura que se obtiene –*como arriba queda indicada*– es del tipo ***mil-annealed***, dependiendo muy mucho del trabajado termo-mecánico previo de puesta en forma del material.

8.5.3. *Recocido* β

Esta forma de recocido consiste en calentar el material a una temperatura, que en este tipo de aleaciones de titanio alfa + beta (α + β), es la temperatura de β-***transus***, enfriándolo después a una velocidad relativamente lenta; **figura 8.14**. La temperatura de solubilización es totalmente la del campo β; que posibilita, asimismo, una cinética de crecimiento muy rápida que da lugar especialmente a un excesivo tamaño de grano. En el posterior enfriamiento lento del material, los granos β se transforman en colonias de placas tipo α Widmanstätten, empaquetadas en una masa matricial de fase β no transformada.

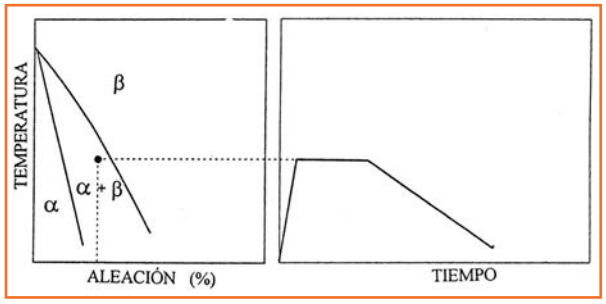


Figura 8.14. Recocido beta: diagrama de secuencia tiempo-temperatura [**TT**]. Aleación **Ti-6Al-4V**.

El tamaño de grano de las placas depende de la temperatura y tiempo de calentamiento, pero sobre todo, de la velocidad de enfriamiento final. La microestructura conseguida es de las denominadas Widmanstätten de fase α tipo "cesta"; –**figura 8.15**– característica de un enfriamiento lento, que proporcionan al material la máxima tenacidad tanto en condiciones estáticas como de bajo impacto.

La resistencia a la rotura conseguida en el material es similar a la que se obtiene en recocido contra acritud; aunque en el ***recocido*** β se obtiene menor plasticidad

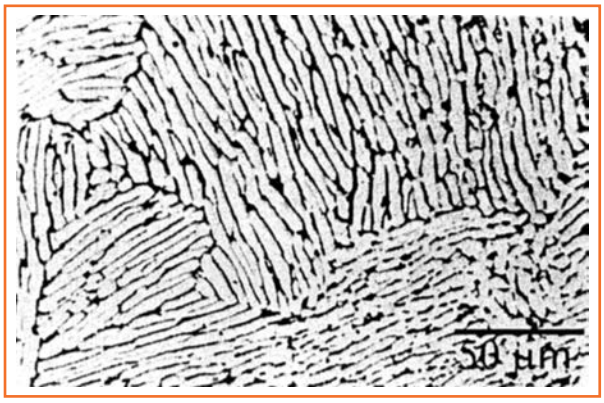


Figura 8.15. Microestructura tipo Widmastätten. Aleación **Ti-6Al-4V**.

debido a un tamaño de grano mayor de su masa matricial. Con el ***recocido*** β, reiteramos, se alcanza un límite de fatiga y una tenacidad a la fractura más elevadas.

8.5.4. *Temple* y *revenido*

El ciclo del tratamiento térmico de temple, representado en la **figura 8.16** –*diagrama de fases* y *secuencia tiempo-temperatura de la aleación de titanio* **Ti-6Al-4V**– consta de tres etapas: (1) calentamiento y solubilización en la fase β; (2) enfriamiento [lento y/o rápido]; y (3) revenido o maduración.

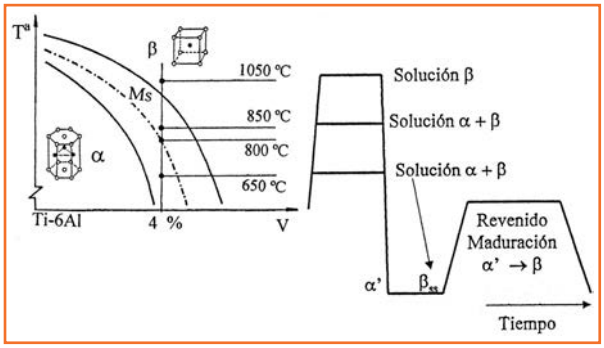


Figura 8.16. Diagrama de fases y secuencia tiempo-temperatura [**TT**] para la realización de los distintos tratamientos térmicos a los que se someten las aleaciones **Ti-6Al-4V**.

En primer lugar, cuando calentamos las aleaciones de titanio alfa + beta (α + β) a una temperatura de solubilización elevada, al redor de 1.030 ºC; y después, pasado un cierto tiempo de solubilización a dicha temperatura, se enfría en aire hasta alcanzar 670/690 ºC, después el material permanece, a esta última temperatura, 1 hora como mínimo y pasado ese tiempo se enfría enérgicamente

en agua. La estructura que se obtiene está formada por fase α primaria (α′) repartida en una masa matricial β; **figura 8.17**. Tratamiento térmico que mejora sustancialmente las propiedades de tracción y las de tenacidad del material.

Figura 8.17. Microestructura **MET**. Martensita α′ obtenida de temple: aleación **Ti-6Al-4V**.

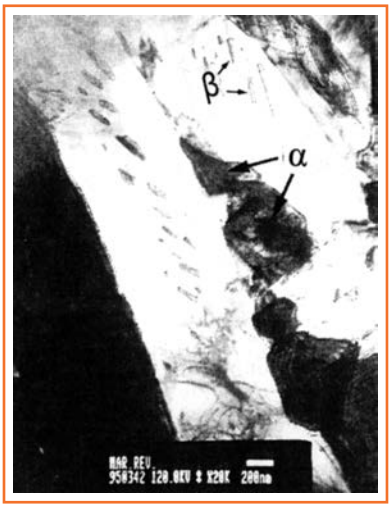
Las aleaciones de titanio alfa + beta (α + β), como ya se ha indicado, son susceptibles de transformarse martensíticamente cuando el material se solubiliza a temperatura de β-***transus*** [Tª = (980 ÷ 990 °C], y después de un tiempo a dicha temperatura de solubilización se enfría rápidamente desde la región α en solución. De esta manera se obtienen estructuras martensíticas α′ –*martensita de titanio*– constituidas por una mezcla de placas α′ orientadas al azar y más dura que la fase α; **figura 8.17**. En el temple de las aleaciones de titanio alfa + beta (α + β) se originan estructuras de granos α en solución sólida, repartidos en una matriz α′ y β metaestable.

La martensita α**′** obtenida en el temple puede sufrir, después del tratamiento térmico de revenido, la de reacción [α′ → (α + β)] que provoca una descomposición y precipitación de finas partículas β alrededor de las placas martensíticas α′; aumentando así –*de forma considerable*– la dureza y resistencia de este tipo de aleaciones. El revenido se realiza a una temperatura comprendida entre 570 y 700 °C, con lo cual las fases α y la fase β, –*después de la solubilización* y *temple del material*– junto con las partículas precipitadas α′ y α, **–figura 8.18**– incrementan sustancialmente la resistencia mecánica del material revenido.

La micrografía **MET** de la **figura 8.19**, pertenece a un material –*aleación* **Ti-6Al-4V**– que ha sido templado a

Figura 8.18. Microestructura **MET**. Martensita α′ revenida: aleación **Ti-6Al-4V**.

Figura 8.19. Microestructura **MET**, en la que se observa la formación de fase α en antiguas placas de α′, iguales a las del mismo material tratado térmicamente a temperatura correcta β-***transus***. La fase β, no transformada, se descompone en finos precipitados de fase α y de fase β.



una más baja temperatura de solubilización, alrededor de 880 °C, y enfriado en agua. Seguido después de un revenido a 600 °C durante un tiempo de 15 minutos. En dicha microestructura, se observa la formación de fase α en antiguas placas de α′, que es igual a la del mismo material tratado a temperatura correcta β-***transus***. La fase β no transformada también se descompone en finos precipitados de fase α y de fase β.

En la fase metaestable β retenida en el temple*, de a-

* La fase metaestable β retenida en el temple se puede descomponer, por revenido a una temperatura por debajo de 550 °C, formando entonces una solución sólida de estructura CC denominada β**′,** que contiene una alta proporción de elementos estabilizadores de β. Los elementos de aleación, que emigran de la fase β, forman un fino precipitado complejo –*la denominada fase omega* (ω)– de estructura HC; que en suficiente cantidad fragiliza muy mucho al material así revenido.

quellas aleaciones de titanio de alta concentración de aleoelementos estabilizadores β isomorfos [*aleaciones comprendidas entre* $\mathbf{X_4}$ y $\mathbf{X_2}$ *del diagrama de la* **figura 8.8**]. Es fácil que aparezca en su microestructura, una fina dispersión de precipitados complejos de fase omega (ω) durante el enfriamiento que sigue al calentamiento de solubilización; que como ya anteriormente se ha comprobado produce una alta fragilidad al material correspondiente.

Asimismo, no se debe obviar el peligro de riesgo que existe en el curso del tratamiento térmico de revenido o de maduración. Sobre todo en las aleaciones de titanio con un alto contenido de elementos estabilizadores de β isomorfos, cuando se les realizan dichos tratamientos a temperaturas por debajo de 550 °C y/o está el material expuesto a largos tiempos de mantenimiento a dicha temperatura. Es fácil, insistimos, que aparezca el mencionado precipitado complejo de transición –*fase omega* (ω)– junto con β′, que es en sí una fase β de composición pobre en elementos estabilizadores β isomorfos.

La formación del precipitado β′ se describe como una separación de fases y regiones en las que se pueden formar precipitados de fase ω y de β′ respecto a la martensita α′′. Cuando la fase omega (ω) precipita en cantidades suficientemente importantes, se origina insistimos, gran fragilidad y hace al material inaceptable para el servicio.

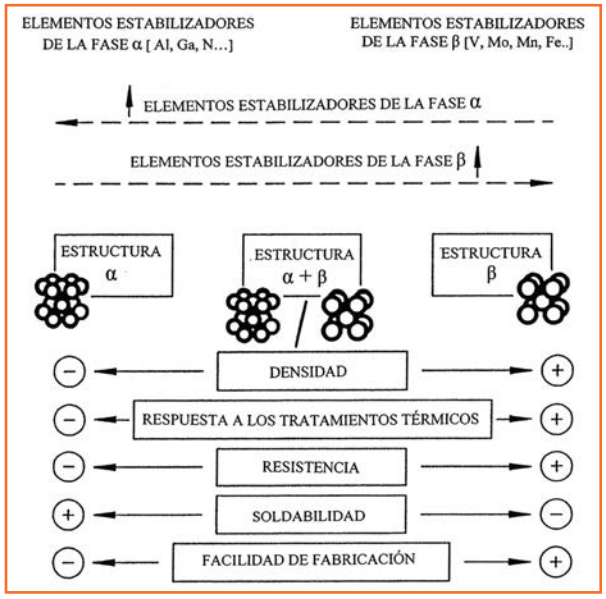
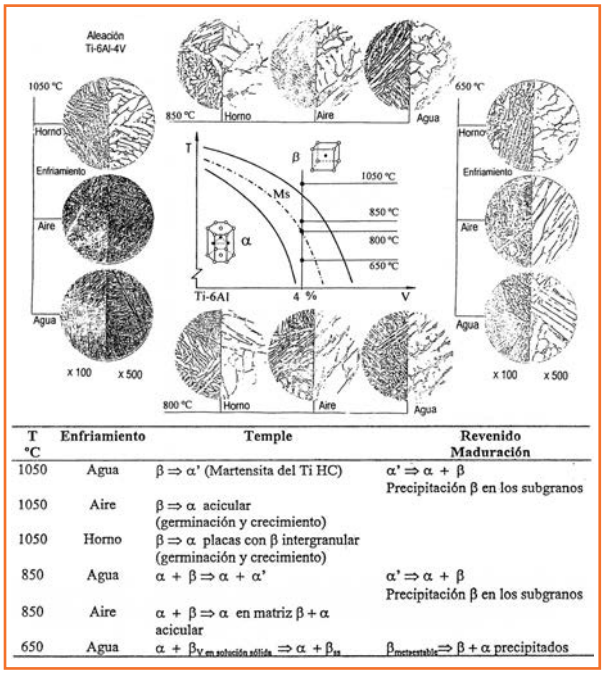


Figura 8.20. Cuadro resumen de la evolución de las diversas propiedades, mecánicas y tecnológicas, presentes en las principales aleaciones de titanio según el tipo de estructura de las mismas. Estructuras α; α + β; β. [W. A. Baeslack].

Por último, a modo de síntesis, el cuadro de la **figura 8.20** resume la evolución de las diversas propiedades, mecánicas y tecnológicas, presentes en las principales aleaciones de titanio según el tipo de estructura de las mismas: α; α + β; β.

En la **figura 8.21,** igualmente, se expone el cuadro resumen el ciclo completo de tratamiento térmico, a distintas temperaturas a las que se someten las aleaciones de titanio α + β, así como la microestructuras que se obtienen. Aleación **Ti-6Al-4V.**



T °C	Enfriamiento	Temple	Revenido Maduración
1050	Agua	β ⇒ α' (Martensita del Ti HC)	α' ⇒ α + β Precipitación β en los subgranos
1050	Aire	β ⇒ α acicular (germinación y crecimiento)	
1050	Horno	β ⇒ α placas con β intergranular (germinación y crecimiento)	
850	Agua	α + β ⇒ α + α'	α' ⇒ α + β Precipitación β en los subgranos
850	Aire	α + β ⇒ α en matriz β + α acicular	
650	Agua	α + $\beta_{V\ en\ solución\ sólida}$ ⇒ α + β_{ss}	$\beta_{metaestable}$ ⇒ β + α precipitados

Figura 8.21. Representación esquemática del ciclo completo de tratamiento térmico, a distintas temperaturas y enfriamientos, al que se someten las aleaciones de titanio alfa + beta [α + β], así como las microestructuras que se obtienen según el ciclo térmico aplicado. Aleación **Ti-6Al-4V**.

La **tabla 8.VII** presenta un resumen de las propiedades y características de cada uno de los grupos principales de las aleaciones de titanio estudiadas.

Finalmente, en la **tabla 8.VIII** se muestran, dos de los grados del titanio comercialmente puro [**Ti cp**], y algunas de las principales aleaciones de titanio más utilizadas; clasificadas según las fases que se aprecian en estado sólido: α; α + β; casi–α; y β. Se indican, también, las características mecánicas fundamentales de utilización, que se obtienen después del tratamiento térmico correspondiente.

Tabla 8.VII. Principales propiedades de cada uno de los grupos de aleaciones de titanio estudiadas.

Aleaciones α y casi-α	Aleaciones α + β	Aleaciones β
• No admiten tratamiento térmico de endurecimiento. • Son los que mejor admiten soldadura. • De resistencia baja-media. • Fácil utilización en ambientes criogénicos. • Mayor resistencia a la corrosión. • Alta resistencia a la fluencia. • Difícil conformabilidad.	• Tratables térmicamente. • La mayoría admite soldadura. • De resistencia media-alta. • Fase α y β a temperatura ambiente. • Ti-6Al-4V la aleación más utilizada. • Aceptable conformabilidad en frío	• Mayor densidad [≃10% de incremento]. • Tratables térmicamente. • Sondables. • Una alta resistencia. • Excelente conformabilidad en frío: en estado de recocido

Aleación	Fases	R (MPa)	$LE_{0,2}$ (MPa)	A (%)
Titanio **[Ti cp]** 99,5 % Ti 99,0% Ti	 α α	 261 522	 172 482	 24 15
Ti-7Al-4Mo	α + β	1.172	1.030	10
Ti-6Al-6V-2Sn	α + β	1.103	1.025	12
Ti-6Al-4V	α + β	1.040	970	15
Ti-8Al-1Mo-1V	casi-α	970	830	14
Ti-6Al-4Mo-4Zr-2Sn	casi-β	1.010	995	3
Ti-5Al-2,5Sn	α	870	780	15
Ti-13V-11Cr-3Al	β	1.290	1.210	5

Tabla 8.VIII. Clasificación, según las fases de que constan, de algunas de las principales aleaciones de titanio y grados [**Ti cp**] en estado sólido: α; α + β; casi–α; casi–β; y β. Características mecánicas de las mismas.

8.6. Precauciones fundamentales que se han de adoptar en el tratamiento térmico de las aleaciones de titanio

Como última y breve consideración, aparte de las precauciones necesarias que normalmente se tienen en el tratamiento térmico de cualquier material metálico. La especial naturaleza del titanio obliga a adoptar dos medidas que consideramos fundamentales:

- Una máxima atención se ha de tener en la limpieza del material a tratar térmicamente, ya que la gran reactividad del titanio a temperaturas elevadas puede provocar de forma muy rápida su contaminación y/o fragilización, aumentando también su susceptibilidad a la corrosión.

- Al ser el titanio un metal químicamente muy activo a elevadas temperaturas, que se acentúa también con la presencia del aire atmosférico, hay que tener una cierta atención. Aunque esta oxidación no es una preocupación importante en el tratamiento térmico. Sin embargo la captación de hidrógeno durante el proceso de tratamiento térmico, tiene una gran importancia debido a la perdida de tenacidad que provoca dicho elemento en el material, así como la posibilidad de que se origine agrietamiento retardado.

La solución ideal y fundamental para resolver el problema de captación de gases, peligrosos y agresivos para el titanio, es realizar el conjunto de tratamientos térmicos en hornos de vacío o en hornos con atmósfera de gases inertes.

Nueva generación de quemadores auto recuperativos WS – FLOX

Por WS-WÄRMEPROZESSTECHNIK GmbH e INTERBIL S.L

INTRODUCCIÓN

La estrategia energética europea, la futura configuración del mercado y los sistemas energéticos, el desarrollo y la mejora de las tecnologías para un uso eficiente de la energía, son algunos de los temas más relevantes y discutidos de nuestro tiempo.

Dentro de la estrategia de reducción del uso de carbón como fuente de energía se establecieron en 2007 dos etapas a través del consejo: el primer paso con objetivo 2020 pretende:

— Reducir en un 20% las emisiones de efecto invernadero.
— Aumentar en un 20% la cuota de las energías renovables.
— Mejorar en un 20% la eficiencia energética.

El segundo paso, con objetivo 2050, tiene por objetivo la reducción de las emisiones en un 80 – 95%.

El objeto de este artículo es ilustrar cómo la empresa WS (Wärmeprozesstechnik) sigue con el desarrollo de sus quemadores auto recuperativos y cómo el método de combustión FLOX (oxidación sin llama) puede representar una contribución significativa a la consecución de los objetivos abordados por la estrategia energética europea para las décadas futuras.

AHORRO DE ENERGÍA MEDIANTE EL EMPLEO DEL MÉTODO DE COMBUSTIÓN FLOX

Desarrollo reciente en el diseño de los quemadores.

En los últimos años se han extendido las aplicaciones de recuperación de calor residual para precalentar el aire de combustión con el consiguiente ahorro energético. Estas aplicaciones se han llevado a cabo en hornos de alta temperatura, principalmente en la industria del acero. El método FLOX (marca registrada de WS GmbH, Renningen) permite disminuir las emisiones de NOx a valores mínimos aún con altas temperaturas del aire de combustión.

Los dos quemadores FLOX mostrados en la figura 1 son el resultado de desarrollos recientes en el diseño de quemadores. Estos desarrollos están dirigidos a la optimización de los intercambiadores de calor integrados, tanto en términos de eficiencia energética como de costes.

Figure 1 a): self regenerative FLOX® burner: Regemat® M250.

Figure 1 b): self recuperative FLOX® burner: Rekumat® S150.

Figure 1: High efficiency gas burners for industrial furnaces.

La figura 2 muestra la mejora en el rendimiento debida a la innovación en el diseño del quemador en una operación típica de 1.000 °C de temperatura de proceso. Los intercambiadores de calor actuales están caracterizados en valores NTU (Number of Transfer Units) alrededor o ligeramente por encima de 1.

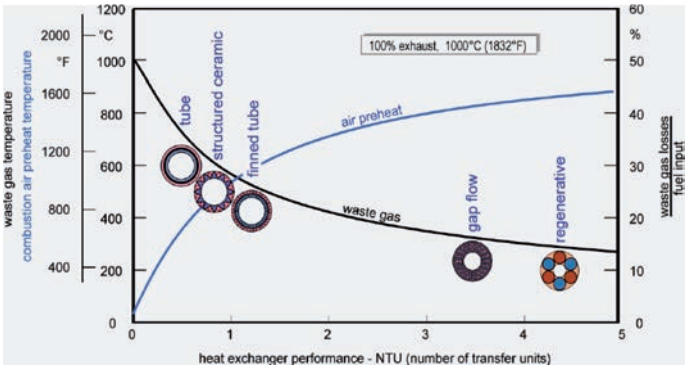


Figure 2. Effect of heat exchanger design on air preheating and exhaust gas losses.

Los quemadores de nueva generación REKUMAT S y REGEMAT M disponen de intercambiadores de calor que ofrecen valores de NTU entre 3 y 5, debido a una mayor superficie del intercambiador, y en el caso particular del REKUMAT S también debido a la mejora en la transferencia de calor en la configuración de los canales laminares. Estos nuevos diseños de los intercambiadores se traducen en un mayor precalentamiento del aire y menores pérdidas a través de los gases de escape, que se reducen a la mitad en comparación con los diseños estándar.

El potencial de las tecnologías mencionadas anteriormente puede ser reconocido a través de una comparación (en términos de ahorro energético) entre distintas soluciones para aplicaciones de alta temperatura de tratamiento térmico, como se muestra en la tabla 1. Todas

heating system	natural gas, no air preheat	natural gas, stand. preheat	natural gas, opt. preheat	natural gas, O_2***	electric heating
waste gas losses*	50%	30%	15%	15%	-
losses in the power plant	-	-	-	7%	58%
primary energy** (norm.)	2	1,4	1,2	1,3	2,4
CO_2-emissions (norm.)	2	1,4	1,2	1,6	2,6

* 1000°C furnace temperature
** german energy mix (Source: BMWi)
*** O2: 0,5 kWh_{th} / m^3

Tabla 1. Comparison on the energy and CO2 savings potential offered by different technological solutions in industrial heat treatment application.

las cifras se refieren a una aplicación representativa a 1.000 °C, mientras que los valores de consumo de energía primaria así como las emisiones de CO2 relacionadas, están normalizados con respecto a la energía entregada al proceso.

Las características en el caso de la generación de energía eléctrica se han establecido tomando como base el mix energético alemán.

El primer caso a tener en cuenta es la solución menos eficiente, usando un sistema de calefacción de gas natural sin ningún tipo de recuperación a través del precalentamiento del aire. La eficiencia será del 50% y por ello el factor normalizado de consumo de energía primaria es igual a 2. La misma consideración se aplica para normalizar las emisiones de CO2.

El segundo caso representa lo que se puede denominar como el estado actual en la industria de los tratamientos térmicos de alta temperatura: quemadores con intercambiador de calor integrado para precalentamiento de aire de combustión, y una temperatura de salida de los gases de escape de 600 °C que se corresponde con unas pérdidas de gas del 30%.

Mediante el empleo de quemadores de gas natural de nueva generación y con un precalentamiento de aire optimizado, como los sistemas de WS mostrados en la figura 1, se reducen las pérdidas de gas por un factor 2 con respecto a la solución estándar en la industria actual, esto es, un 15% en lugar del 30% anterior. Esto se refleja en el menor consumo y la reducción de las emisiones de CO2. El cambio de los sistemas actuales de calefacción (básicamente una mezcla de energía eléctrica o de gas natural sin recuperación) a sistemas de gas natural con quemadores de nueva generación, representaría el logro de los objetivos fijados para 2020 por la estrategia energética europea.

La comparación con la oxi-combustión muestra cómo esta opción no representa una mejora con respecto al estado actual, debido al consumo de energía primaria necesario para las unidades de separación de aire. Finalmente, el uso de un sistema de calefacción eléctrica en la industria del tratamiento térmico, es sin duda la opción menos eficiente, tanto en el consumo de energía primaria como en las emisiones de CO2.

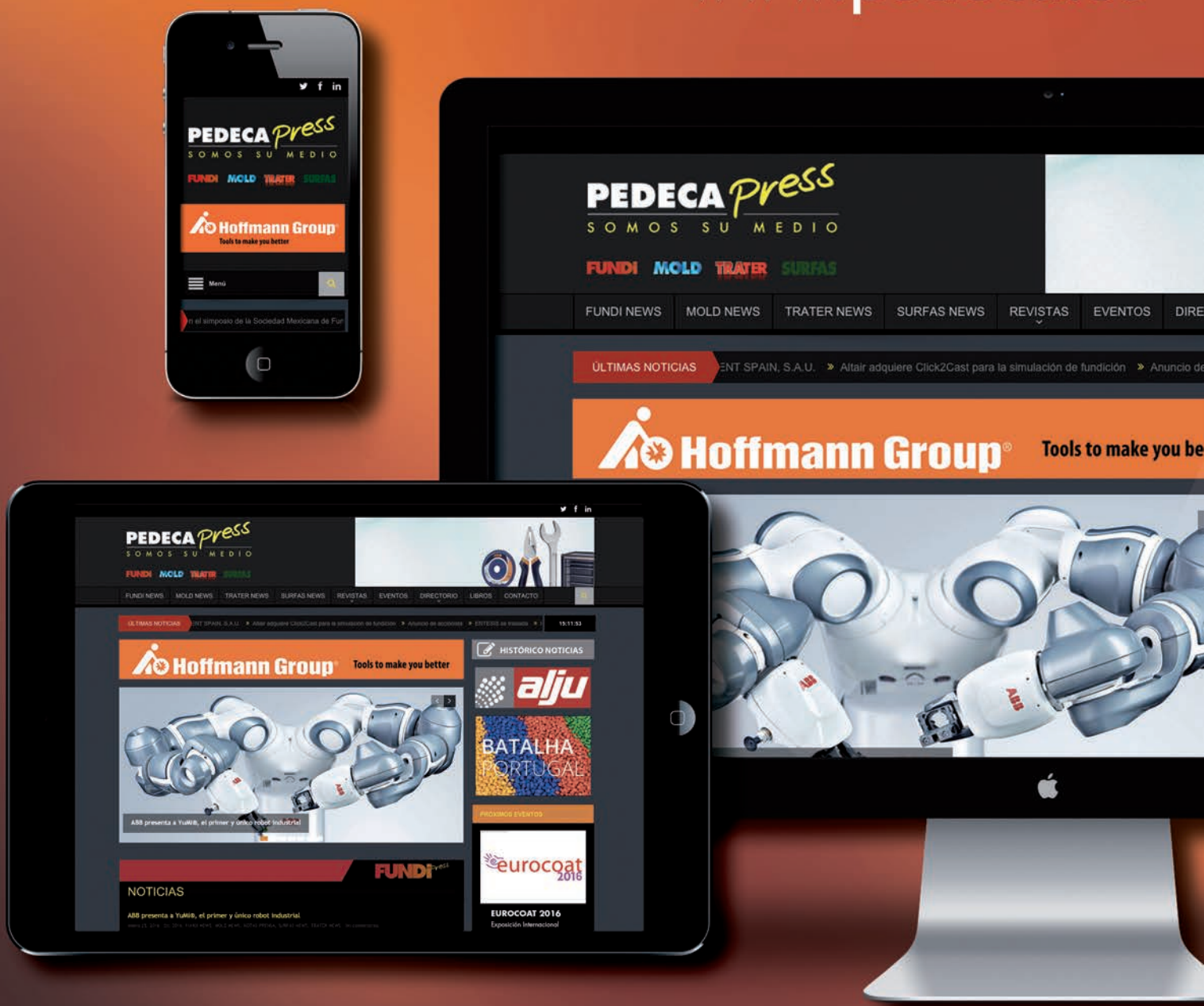
El análisis presentado muestra cómo el empleo de quemadores de nueva generación con el método FLOX representa una contribución importante y rentable para lograr los objetivos marcados por la política energética europea.

SU MEJOR CO

REVISTAS PROFESIONALES

Estrenamos Nueva Web

www.pedeca.es



MUNICACIÓN

DEL SECTOR INDUSTRIAL

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

PREGUNTE POR NUESTROS PACKS DE PUBLICIDAD IMPRESIÓN + DIGITAL

PEDECA Press Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

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

ABB presenta al nuevo miembro de la familia YuMi

Tras el éxito de YuMi®, el primer robot industrial de doble brazo realmente colaborativo del mundo, ABB presenta su robot colaborativo de brazo único que, además de incorporar funciones líderes en el sector, ocupa mucho menos espacio.

ABB dió a conocer su último robot colaborativo, ahora con un solo brazo, en la Exposición Internacional de Robótica (iREX) 2017 de Tokio. Como su nombre sugiere, los robots colaborativos están concebidos para trabajar junto a los humanos en la planta de producción para aumentar la productividad y facilitar la transición hacia la personalización en masa. El robot se lanzará oficialmente en 2018.

Per Vegard Nerseth y Sami Atiya en la presentación del nuevo miembro de la familia YuMi en iRex el 29 de noviembre de 2017.

Al igual que YuMi, un robot de montaje de piezas pequeñas introducido en 2015, el nuevo robot tiene una carga útil de 500 gramos y, gracias a su tamaño compacto, puede integrarse fácilmente en cadenas de montaje existentes para aumentar la productividad. Además, el nuevo robot incorpora programación guiada, lo que elimina la necesidad de formación especializada de los operarios.

"El éxito de YuMi ha superado nuestras expectativas; se concibió originalmente para el montaje de piezas pequeñas, pero ha resultado ser excepcionalmente versátil: es capaz de resolver un cubo de Rubik, hacer sushi, envolver regalos y dirigir una orquesta. Dado el enorme éxito de YuMi, confiamos en que nuestro nuevo robot de un solo brazo reciba la misma buena acogida, especialmente por haber sido desarrollado a petición de los clientes", afirmó Sami Atiya, presidente de la división Robotics and Motion de ABB.

"Seguimos creando nuestra gama de robots colaborativos", dijo Per Vegard Nerseth, Managing Director de ABB Robotics. "Este último robot constituye una incorporación muy esperada a la «fábrica del futuro» y permitirá a nuestros clientes crecer y prosperar en la era de la personalización en masa. La combinación de este robot y nuestras soluciones digitales ABB Ability™ permitirá a nuestros clientes elevar al siguiente nivel la eficacia y fiabilidad de sus fábricas".

Con M3MH, Innovalia Metrology continúa ampliando su gama de soluciones de metrología

Innovalia Metrology, unidad metrológica del Grupo Innovalia, presentaba hace pocos meses M3MH, el nuevo software de medición en máquina herramienta.

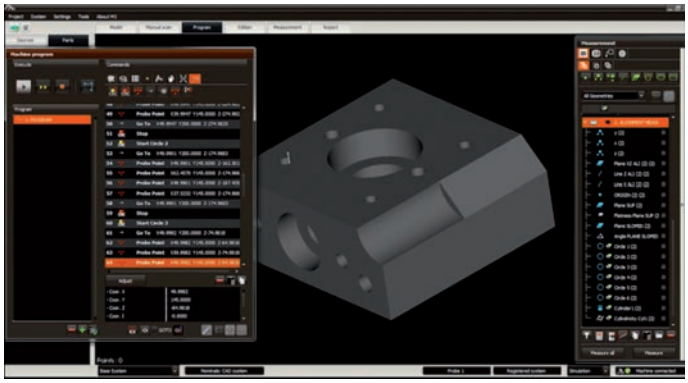
Tener capacidades avanzadas de medición incluidas en la propia máquina herramienta y que éstas sean fácilmente manejables es el sueño de cualquier mecanizador, ya que contribuye directamente a la reducción del número de piezas fabricadas incorrectamente.

Conocedores de esta necesidad desde hace años, empresas del sector vienen desarrollando diferentes soluciones, la mayoría de ellas basadas en códigos G para mantener los lenguajes propios del sector, lo que aparte de restar funcionalidad, encarece mucho la solución.

Es un software de medición que permite verificar, realizar el set y medir de forma óptima y sencilla. Con M3MH, Innovalia Metrology permite establecer comunicación directa con los controles de la máquina herramienta desde el propio software de medición.

Este software rompe de esta manera con el paradigma actual de empaquetar y cobrar funciones, y ofrece un Software completo de medición que permite al usuario dirigir la máquina herramienta desde su ordenador, desde un software con una intuitiva interfaz gráfica que permite realizar todas las funciones.

Además de verificar la máquina y realizar el set up, ofrece completas capacidades de medición enfocadas a las necesidades de máquina herramienta, entre las que encontramos: Programación CAD, planes de medición automatizados, alineamientos, offset de herramienta e informes personalizados.



Programación de le medición contra CAD.

M3MH nos permite realizar la programación off-line de la medición, conectar con el control de la máquina herramienta y comunicarle los comandos concretos para realizar la medición programada. Al realizar una gestión de calidad tan completa durante el proceso, el feedback es inmediato y permite un ajuste continuo de la producción.

La inspección en máquina herramienta que propone M3MH permite además la visualización continua de los errores en producción y es esto lo que se está traduciendo ya en una clara optimización del proceso.

M3MH combinado con los artefactos de verificación ayuda a maximizar las prestaciones y la precisión de la máquina herramienta, volviendo a convertirse en referencia del compromiso de Innovalia con el desarrollo tecnológico orientado a la resolución de problemas.

La deformación de las piezas cementadas: posibilidades de mejora para reducir los defectos que tienen por origen el tratamiento térmico

Por André MULOT. A3TS

1) Generalidades sobre las deformaciones

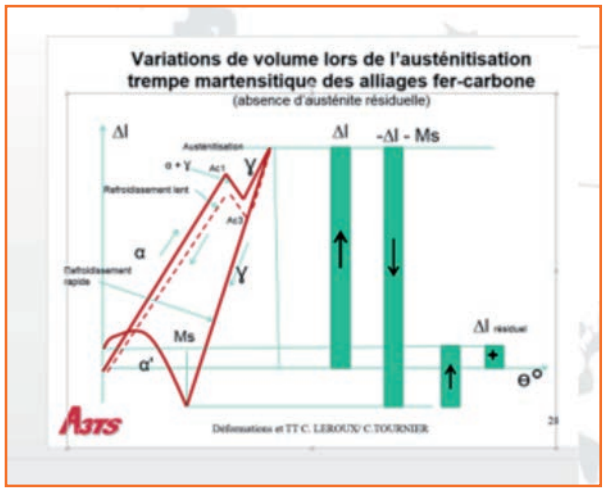
1.1) Recordatorio

Sin las deformaciones, nuestra vida como especialistas del tratamiento térmico sería monótona. Endurecer una pieza mediante el temple ocasiona deformaciones, las cuales en la mayoría de los casos, pueden ser minimizadas y controladas de manera seria.

El único medio de evitarlas es la utilización del temple con prensa, el cual no es el objeto de esta presentación.

Como atención, las deformaciones observadas después del tratamiento térmico no provienen forzosamente del tratamiento térmico.

Esta presentación intenta hacer una síntesis de los conocimientos actuales en el campo del temple de piezas de cajas de cambios cementadas y templadas.



Con esta curva del dilatómetro, observamos los cambios de volumen. Después del calentamiento hasta la temperatura de austenitización, un enfriamiento lento permite volver a la situación inicial (curva roja de puntos). Pero con el temple, la austenita se transforma en martensítica con una variación importante de volumen (curva roja continuada) y no es posible volver a la situación inicial: hay deformaciones.

2) Influencia de las operaciones anteriores al tratamiento térmico

— Las operaciones anteriores al tratamiento termico pueden inducir tensiones mecánicas en la pieza, las cuales se liberan durante el calentamiento y se añaden a las que son específicas del tratamiento térmico.

— El tipo de colada (en lingotes o colada continua o colada continua centrífuga) tiene influencia como resultado de la solidificación con las segregaciones correspondientes más o menos importantes y simétricas. Por ejemplo las coronas de cajas de cambio, forjadas en las mismas condiciones, proveniente de la colada continua centrífuga se deforman mucho menos que las provenientes de lingotes o de colada continua clásica.

— La transformación plástica en caliente provoca las fibras que provocarán la anisotropía de la materia.

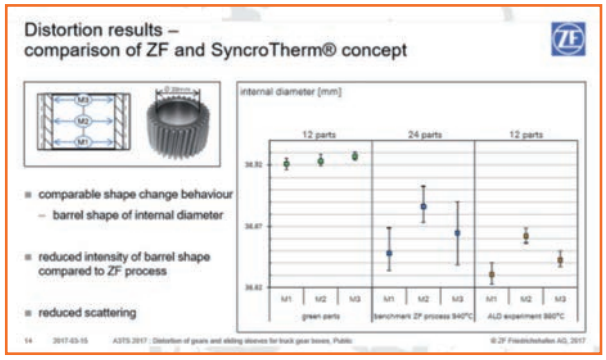
— El enfriamiento de las piezas después de la forja puede influir también (variación de estructura micrográfica con una mecanización ulterior más o menos fácil). El recocido isotérmico permite una buena homogenización de la estructura.

— La mecanización también puede intervenir (avería de herramientas, fallo de lubrificación...).

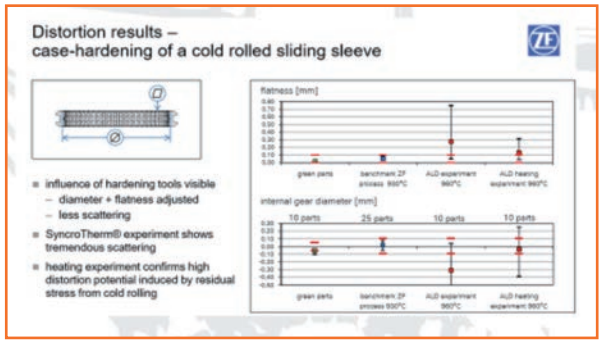
Las deformaciones aparecen después del tratamiento térmico y es difícil predecir su origen.

Un método sencillo consiste en calentar lentamente hasta la temperatura de cementación y enfriar lentamente también (en el horno por ejemplo). La comparación de las medidas antes y después de este ciclo mostrará las eventuales variaciones. Si las deformaciones sin templar son inaceptables, no será posible mantener las piezas en las tolerancias deseadas sin mecanización ulterior.

A título de ejemplo, la empresa alemana ZF publicó resultados de medidas de deformaciones que comparan el horno empujador con temple con aceite y el horno de cementación a baja presión con temple con gas a alta presión.



Para este engranaje forjado en caliente, las deformaciones son un poco mejor con el temple a gas.

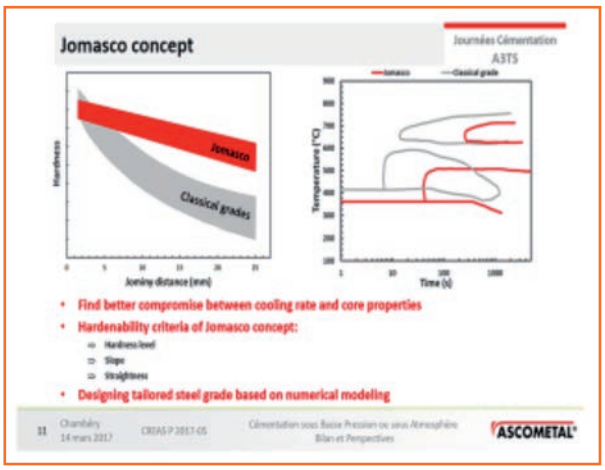


Esta rueda proviniente de la forja en frío, y sin templar con prensa, el método actual, no es posible conseguirla en la especificación necesaria. La pieza tiene tensiones que se liberan durante el calientamiento y provocan deformaciones.

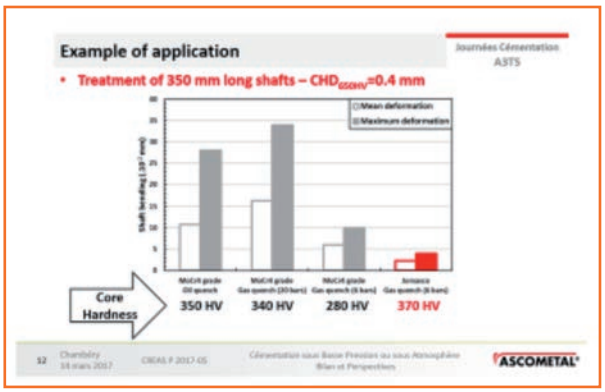
3) Función del acero

Dependiente de la pieza (forma, peso), se necesita un buen acero caracterizado con su templabilidad que puede ser representada con el diagrama TRC (transformación enfriamiento continuado) o su curva Jominy.

A título de ejemplo, la empresa ASCOMETAL, nos muestra la influencia del acero sobre las deformaciones.



El jomasco tiene una mejor templabilidad caracterizada por una curva jominy más plana y un diagrama transladado a la derecha en comparación con el acero clásico.



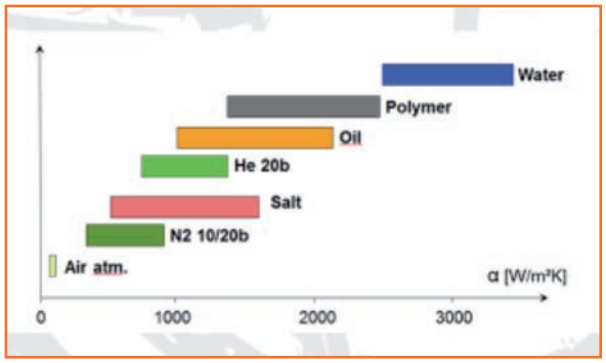
Es interesante ver la diferencia sobre las deformaciones de flexión de árboles cementados y templados con aceite, en comparación con gas a alta presión.

Al final, el acero jomasco da el mínimo de deformacio-

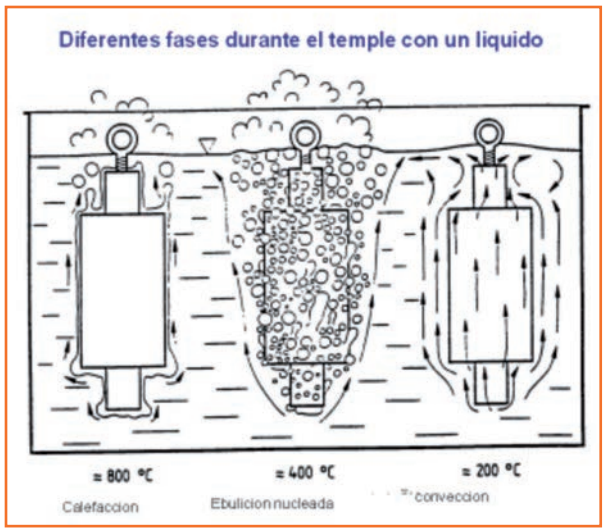
nes con la más alta dureza en el corazón, y solamente con 6 bares de presión.

4) Comparación entre el temple con aceite y el temple a gas

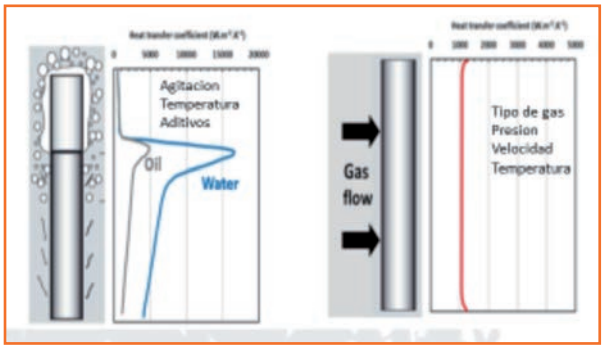
A título de ejemplo, el diagrama nos muestra las variaciones del coeficiente de transferencia térmica con los diferentes medios de temple. El temple con gas, dependente del tipo de gas y de la presión, se aproxima al temple lento con un aceite.



El temple con un líquido se ha hecho en 3 fases: la calefacción para empezar (film de vapor que aisla la pieza de líquido con coeficiente de transferencia térmica muy débil), seguida la ebullición nucleada con el mejor coeficiente y, para terminar, la convección.



La comparación con un temple con gas es muy interesante. El temple con gas presenta solamente una fase, que nos hace pensar que era más facil de controlar el enfriamiento. ¿Qué tipo de gas?



La tabla N° 9 nos da los gases que usamos en nuestra industria.

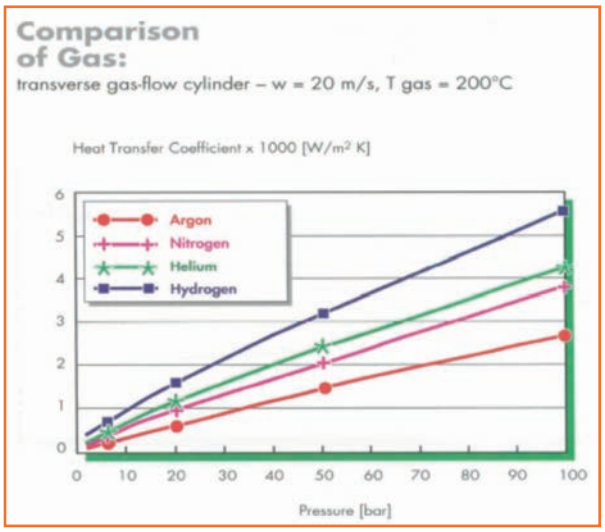
Physical properties of quenching gas

	Argon	Nitrogen	Helium	Hydrogen
Chemical symbol	Ar	N_2	He	H_2
Density 15 °C and 1 bar (kg/m³)	1,6687	1,170	0,167	0,0841
Density ratio to air	1,3797	0,967	0,138	0,0695
Molar mass (kg/k mol)	39,948	28,0	4,0026	2,0158
Specific heat capacity Cp (kJ/kg K)	0,5204	1,041	5,1931	14,3
Thermal conductivity (W/m K)	177×10^{-4}	259×10^{-4}	1500×10^{-4}	1869×10^{-4}
Dynamic viscosity (N s/m²)	$22,6 \times 10^{-6}$	$17,74 \times 10^{-6}$	$19,68 \times 10^{-6}$	$8,92 \times 10^{-6}$

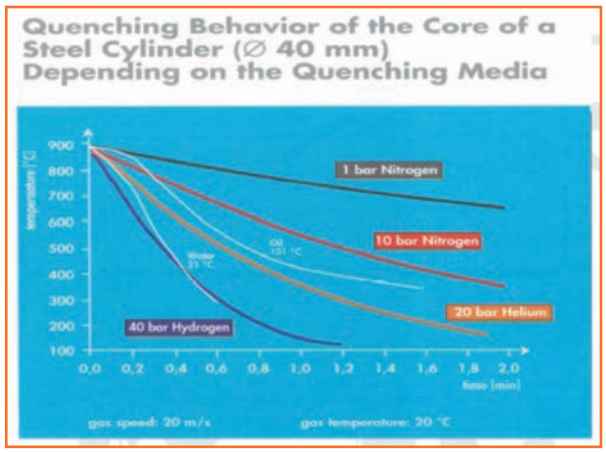
(Gas conditions at 25 °C and 1 bar)

El argón no es interesante porque tiene un peso molecular muy elevado con un calor específico muy débil. Al contrario, el hidrógeno es el mejor, pero es demasiado peligroso. Al final nos queda solamente el nitrógeno y el helio, el cual es muy caro.

Diferentes parámetros juegan sobre el coeficiente de transferencia térmica del gas.

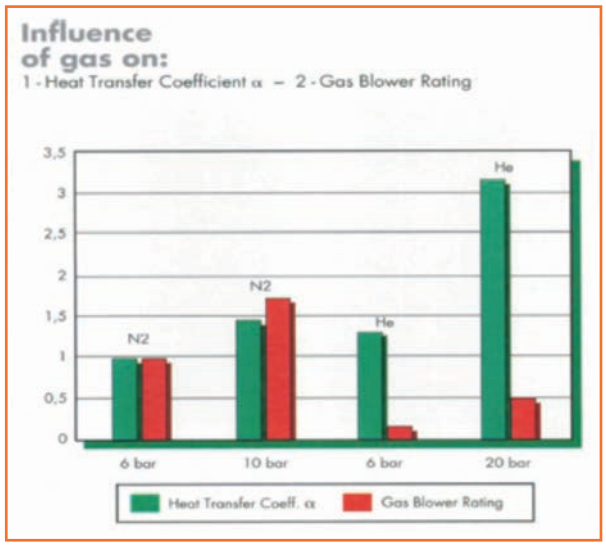


Una presión más elevada aumenta el coeficiente de transferencia térmica para todos los gases. Industrialmente no es interesante usar mas de 20 bares.

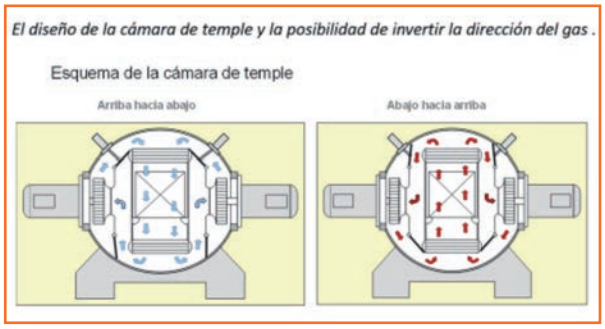


Vemos la curva de enfriamiento en el corazón de una barra de diámetro 40 mm.

Jugando con el tipo de gas y su presión, es posible cubrir una larga gama de enfriamiento entre el aire y un aceite lento.



Para templar usamos cámara de temple y con una alta presión se necesitan turbinas con gran potencia de hasta 250 kW/h. Tomamos como referencia el nitrógeno con 6 bares. Una presión más elevada aumenta la potencia de la turbina pero mucho menos con el helio. En resumen, el helio ofrece el mejor coeficiente de transferencia térmica, sin usar una alta potencia de las turbinas.



Hoy en día, las cámaras de temple son adaptadas para permitir una buena homogeneidad de enfriamiento en toda la carga. La parte útil de la cámara tiene medidas que permiten la introdución de la carga, pero no la circunvalación de esta carga.

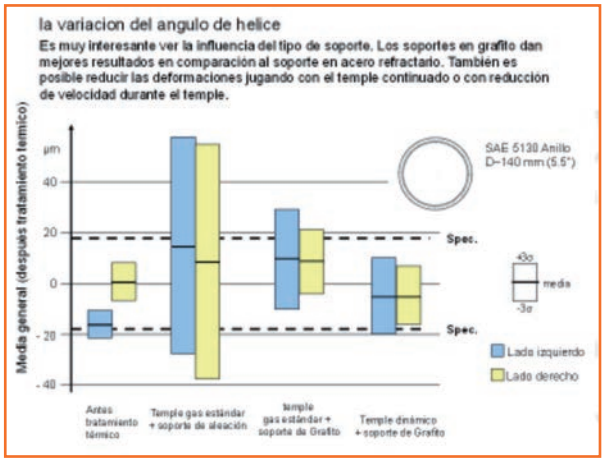
Uno o dos intercambiadores permiten enfriar el gas, pero lo que es más importante, jugando con los obturadores es posible cambiar la dirección del gas.

Este gráfico nos muestra unos parámetros que pueden jugar sobre las deformaciones.

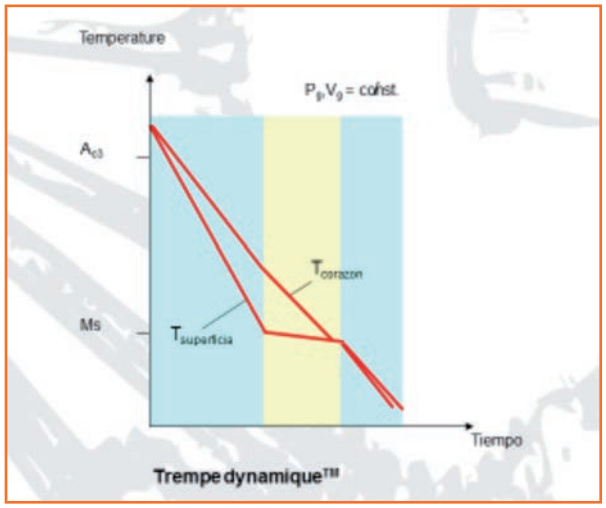
La variación del ángulo de hélice del anillo depende:

— Del tipo de soporte: los soportes en grafito reducen las deformaciones en comparación con los soportes en acero refractario.

— El temple interrumpido es también un parámetro importante.

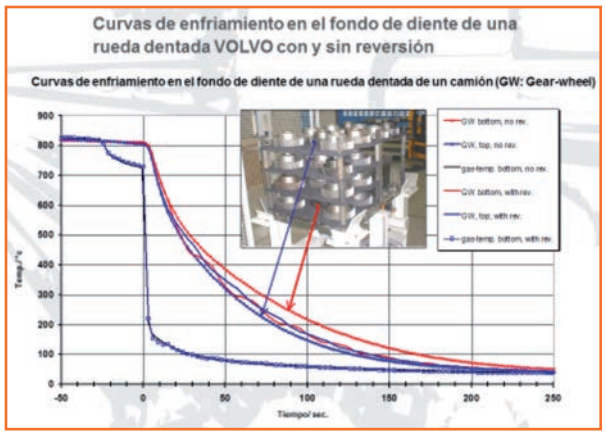


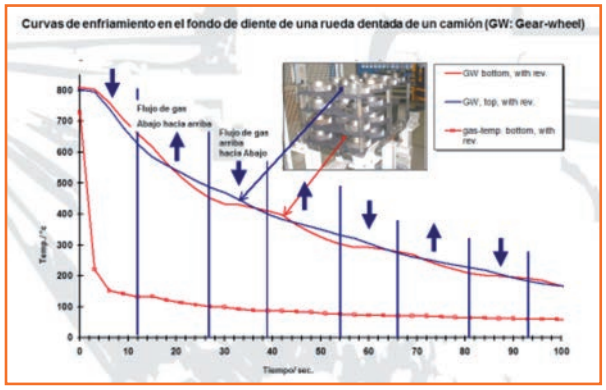
El temple interrumpido consiste en templar normalmente hasta que la temperatura de la superficie llega alrededor de la temperatura Ms (martensit start), se detiene el temple y se espera a tener la misma temperatura en el corazón antes de continuar el temple.



El temple de coronas se ha hecho con y sin reversión del gas. Sin reversión del gas, la pieza en la parte superior de la carga se enfría más rápidamente que la pieza en la parte inferior. El gas llega más caliente y su potencial de enfriamiento es reducido.

Con la inversión del gas, cada 20 segundos, la dos curvas son aproximadamente las mismas y además al lado de la curva más rápida. En conclusión, podemos decir

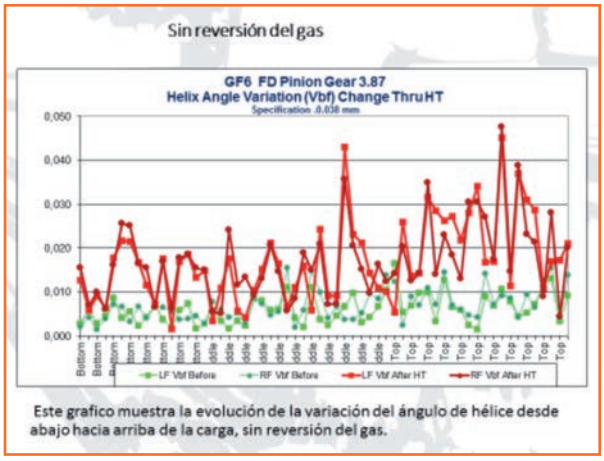




que la inversión homogeiniza el enfriamiento en toda la carga y con la velocidad óptima.

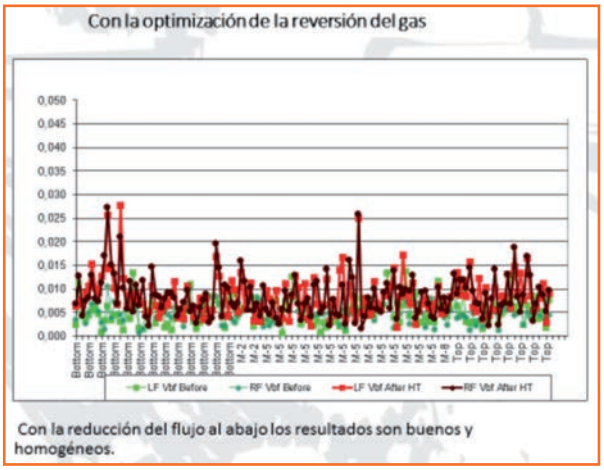
5) Aplicación industrial

Para estudiar la posibilidad de evitar la rectificación después el tratamiento térmico, hemos hecho pruebas para controlar las deformaciones durante el tratamiento térmico.



Este grafico muestra la evolución de la variación del ángulo de hélice desde abajo hacia arriba de la carga, sin reversión del gas.

El resultado es muy débil al abajo y es la consecuencia del flujo demasiado fuerte.



6) Conclusión

Cuando se necesita templar piezas después de la cementación, nos enfrentamos a las deformaciones.

Para reducir las deformaciones que tienen como origen el temple, podemos eligir unos parámetros:

— El mejor acero que permite conseguir las buenas características mecánicas con el diagrama TRC adaptado, dependiente de la pieza (forma, peso, cargamento…) y el medio de temple correspondiente.

— Templar con gas a alta presión porque tenemos parámetros para optimizar la velocidad del enfriamiento: el tipo de gas, la presión, la velocidad del gas, la dirección del gas, los soportes, el temple interrumpido sin olvidar la temperatura del gas (potencia del intercambiador).

Templar con gas es muy caro pero con el ojetivo de eleminar la rectificación, el balance económico podría ser positivo.

Desde estas líneas quiero agradecer a las empresas ALD, ASCOMETAL y ZF sus informaciones recibidas con publicaciones y datos muy interesantes.

Prensado isostático en caliente para piezas de fabricación aditiva

Dr. Johan Hjärne y Magnus Ahlfors, Ingeniero de aplicaciones AMD, Quintus Technologies

Prensado isostático en caliente para piezas de fabricación aditiva

En el caso de componentes críticos en aplicaciones exigentes producidos con fabricación aditiva (FA) basada en polvo, el prensado isostático en caliente (PIC) desempeña una función importante para garantizar y aumentar la calidad de las piezas producidas.

Prensado isostático en caliente

El prensado isostático en caliente (PIC) es un proceso utilizado para consolidar el polvo metálico o para eliminar en sólidos defectos como poros, burbujas y grietas internas, densificando de este modo el material hasta el 100 % de la densidad teórica. El proceso implica alta temperatura y alta presión de gas isostático, lo que significa que la presión actúa en todas las superficies del componente, en todas las direcciones, lo que provoca la densificación. Los mecanismos de densificación durante el PIC son la deformación plástica, la fluencia y la difusión. Inicialmente, la deformación plástica es el mecanismo impulsor dominante, ya que la presión externa aplicada es superior al límite elástico del material a la temperatura del PIC que hará que las burbujas en el material disminuyan. Tras la deformación plástica inicial, la fluencia y la difusión contribuyen a la densificación. Estos mecanismos no solo colapsan y cierran los poros, sino que los eliminan por completo para crear un material sin defectos. En la Figura 1 se presenta una imagen esquemática del proceso de PIC.

La QIH9.

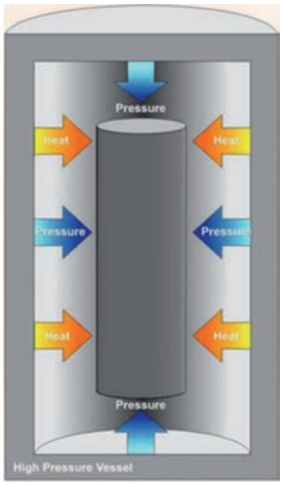


Figura 1. Imagen esquemática y simplificada del equipo y el proceso de PIC.

Existen tres parámetros principales en una receta de PIC que determinan la densificación: la temperatura, la presión y el tiempo de espera. Las temperaturas del PIC con frecuencia se encuentran entre el 70 y el 90% de la temperatura en estado sólido del material que se está

procesando y la presión utilizada por lo general oscila entre 1.000 y 2.000 bares, sobre todo con argón como medio de presión. El tiempo de espera depende en cierto modo del espesor de los componentes que se están procesando, ya que existe un retardo superior de la temperatura en el núcleo de piezas grandes que dependen de la conductividad térmica del material. Para un material concreto, pueden existir distintas recetas de PIC que generarán un 100% de densidad pero de diferentes modos, ya que los tres parámetros afectan al proceso de densificación. Por ejemplo, un ciclo con temperatura relativamente baja y presión baja pero un tiempo de espera prolongado puede producir los mismos resultados que un ciclo con temperatura relativamente alta, presión elevada y tiempos de espera breves en términos de densificación. La velocidad de calefacción y en concreto la velocidad de refrigeración son otros parámetros que deben definirse para la receta del PIC. La velocidad de calefacción y refrigeración no afectará a la densificación del material, pero puede ser muy importante para la microestructura final y, por consiguiente, para las propiedades mecánicas del material que se está procesando.

PIC para FA

Si bien la densidad relativa del material de fabricación aditiva basada en polvo a menudo es muy alta, siempre existen defectos en el material como poros y grietas internas. Los tipos de defectos, la magnitud y la incidencia se determinan por los parámetros del polvo y de la impresión. Estos defectos influyen de forma negativa en las propiedades mecánicas del material, sobre todo el comportamiento frente a la fatiga. Mediante el uso del PIC para el material de FA, estos defectos se pueden eliminar y el material presentará un 100% de densidad relativa. La ventaja más destacada de eliminar los defectos de impresión mediante PIC es que las propiedades de resistencia a la fatiga se pueden mejorar, puesto que se eliminan las concentraciones de tensión de los defectos. Tal y como determinó Stefan Leuders [1], las propiedades de resistencia a la fatiga del SLM Ti-6Al-4V mejoraron en comparación con el material impreso y el material recocido de la solución, con un gran aumento de la resistencia a la fatiga y un descenso en la pendiente de la fatiga, véase la Figura 2. Se trata de un factor importante para componentes en aplicaciones muy exigentes, como los componentes aeroespaciales y los implantes médicos. Un aspecto que cabe destacar de la investigación de Leuders es que el límite elástico en realidad disminuye en el SLM Ti-6Al-4V recocido y procesado con PIC, en comparación con el material impreso, pero en cambio

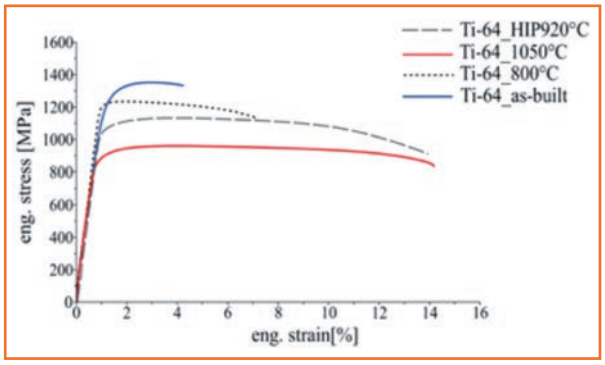


Figura 2. Curvas de tensión para SLM Ti-6AL-4V (datos cortesía de Leuders).

genera una ductilidad mejorada en gran medida, véase la Figura 3. Este cambio en las propiedades se explica por la microestructura fina en el material SLM impreso, que se genera por velocidades de refrigeración muy altas en el proceso de impresión de varios miles de grados por segundo, lo que produce un límite elástico alto en la condición impresa. Cuando se añaden tratamientos de calor posteriores con velocidades de refrigeración más convencionales como el PIC y el recocido, la microestructura se curte, lo que produce un límite elástico inferior, pero una mayor ductilidad.

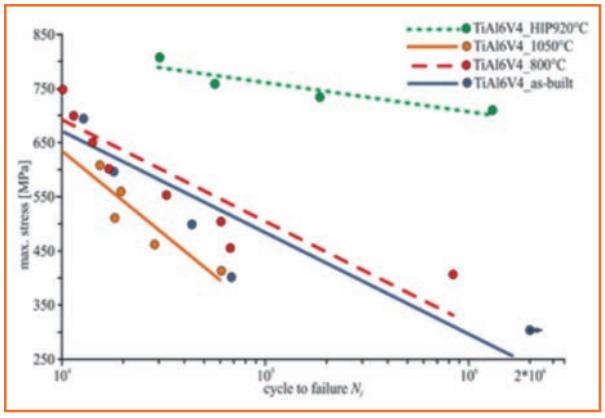


Figura 3. Datos de fatiga para SLM Ti-6AL-4V (datos cortesía de Leuders).

El requisito de las piezas de FA para el PIC sin encapsulado es que las piezas tengan una superficie estanca al gas, de modo que el medio de presión no penetre en el material. En algunos procesos de polvo, esto es un reto, por ejemplo, la prensa y las piezas de sinterizado tienen que sinterizarse a una densidad muy alta para conseguir un procesamiento de PIC sin cápsula. Sin embargo, en los procesos de FA, la superficie siempre será estanca al gas, debido a la densidad relativamente alta que se logra

durante la impresión, lo que permite el procesamiento de PIC sin cápsula de las piezas de FA impresas.

Un tratamiento de PIC del material de FA eliminará todos los defectos, independientemente de la cantidad de defectos en el material antes del PIC, siempre que se cumpla el requisito de la superficie estanca al gas. Esto significa que no importa si el material presenta una porosidad del 0,2% o del 2% como impreso, ya que el proceso de PIC eliminará todos los defectos. Esto permite acelerar el proceso de impresión, al imprimir material de "menor calidad" con más defectos, ya que el material al que se le aplica el PIC será el mismo, independientemente de los niveles de porosidad cuando se imprime. Al imprimir componentes más rápido, se ahorra tiempo y dinero.

Puesto que los poros en el material de FA impreso basado en polvo se distribuyen de forma homogénea por el material, el encogimiento que genera la densificación durante el PIC será homogéneo en todas las direcciones sobre el volumen y correspondiente a la cantidad de porosidad eliminada. De este modo, no se espera ninguna distorsión de las piezas de FA de forma neta durante el PIC, sino que se producirá un alivio de las tensiones residuales en el material introducidas durante la impresión.

Equipo de PIC indicado para FA

Quintus Technologies es el mayor fabricante del mundo de sistemas de prensado hidrostático en caliente y lleva 50 años entregando en todo el mundo sistemas vanguardistas de PIC. En los últimos años, Quintus ha desarrollado una serie de sistemas de PIC adaptados a la perfección para el sector de la fabricación aditiva. Esta pequeña serie de PIC tiene un diámetro de horno variable de 0,186 a 0,375 mm y una altura de 0,5 m a 1,2 m. Estas prensas están modularizadas, lo que significa que los clientes pueden elegir el nivel de presión, el intervalo de temperatura y la velocidad de refrigeración que desean para su proceso concreto. Todas las unidades se entregan listas para su uso y tras haberse sometido a pruebas completas.

Esta serie de pequeños sistemas de PIC, con los hornos patentados Uniform Rapid Cooling (URC®) o Uniform Rapid Quenching (URQ®) de Quintus Technologies, puede aportar velocidades de refrigeración extremadamente rápidas (hasta 3.000 °C/min), una alta productividad y solidez e incluso combina PIC con el tratamiento de calor en el mismo ciclo. Las velocidades de refrigeración necesarias para tratar con calor las aleaciones de Ti, TiAl y CoCr se pueden lograr en la mayoría de casos con el horno URC, que se incluye de serie en todos los sistemas de PIC de Quintus Technologies. Estos sistemas pueden refrigerar fácilmente la carga de trabajo completa en un PIC reducido, con velocidades de refrigeración de hasta 200 °C/min (véase la Tabla 1) y, por otro lado, con la tecnología de URC todas las áreas de la carga de trabajo se refrigeran de forma uniforme, con lo que se reduce al mínimo la distorsión térmica y el crecimiento de grano no uniforme. En la fabricación aditiva de implantes médicos y componentes aeroespaciales, el PIC es el estándar industrial actual y para estas aplicaciones cada vez es más frecuente incluir el tratamiento de calor directamente en el ciclo de PIC. En el caso de que se necesiten velocidades de refrigeración superiores, se pueden ofrecen hornos URQ para lograr velocidades de refrigeración de hasta 3.000 °C/min.

Nombre del producto	Tamaño de la zona caliente (DxAl) [mm]	Velocidad de refrigeración	Coste operativo/ciclo [€]*	Número de ciclos/día*
QIH9	87 x 160	URQ Hasta 3.000 °C/min	50	7
QIH15L	186 x 500		92	5
QIH21	228 x 700	URC Hasta 200 °C/min	103	5
QIH32	300 x 890		115	4
QIH48	375 x 1.200		130	3,6

Tabla 1. Quintus Technologies. Serie PIC pequeña.
* Incluye: electricidad, gas, personal y piezas de repuesto y desgaste.
* Entrada de ciclo: Presión = 1.500 bares, Temperatura = 1.200 °C, Tiempo de espera = 120 min.

Nuevo desarrollo de procesos de PIC para FA

Contexto

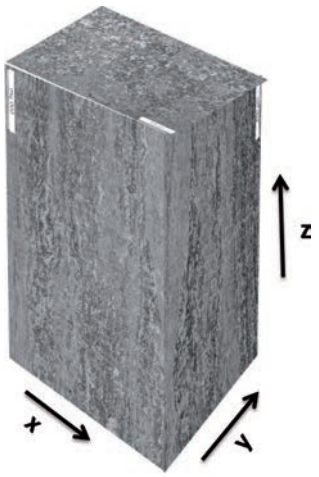


Figura 4. Estructura granular típica en forma de columna de EBM Ti-6Al-4V [2].

Los procesos de impresión capa a capa con lecho de polvo presentan una solidificación direccional y una refrigeración en la dirección de la formación, debido al carácter de la impresión. La solidificación direccional y la refrigeración hacen que los granos crezcan en la dirección de la formación a través de las capas, lo que da como resultado una microestructura en forma de columna. Esta microestructura de columna aporta al material impreso propiedades mecánicas anisotrópicas y las propiedades en la dirección de la formación (z) pueden ser muy distintas a las propiedades en el plano perpendicular a la dirección de la formación (x,y). En la Figura 4, se muestra una microestructura impresa típica de EBM Ti-6Al-4V, en la que la dirección de la formación se indica con una flecha y la estructura de grano en forma de columna es evidente [2].

La microestructura de columna y las propiedades anisotrópicas del material de deposición de la impresión en el lecho de polvo pueden ser un gran inconveniente en muchas aplicaciones. Para aumentar las posibles aplicaciones que pueden beneficiarse de las complejas geometrías que aporta la deposición en lecho de polvo, es interesante desarrollar un tratamiento posterior a la impresión que pueda descomponer la microestructura gruesa en forma de columna del material impreso en una microestructura más refinada y equiaxial. El laboratorio Oak Ridge National de Oak Ridge, en Tennessee, EE. UU. y Quintus Technologies en Västerås, Suecia, han realizado un estudio de los posibles tratamientos posteriores para generar microestructuras equiaxiales de material de FA [3].

Procedimiento experimental

En este estudio, se investigaron tres tratamientos distintos posteriores a la impresión para EBM Ti-6Al-4V, para determinar si la estructura granular en forma de columna del material impreso se podía descomponer en una estructura granular más equiaxial. El primer tratamiento posterior que se investigó fue el ciclo estándar de PIC para EBM Ti-6Al-4V recomendado por Arcam AB, con una temperatura de 920 °C, una presión de 100 MPa, un tiempo de espera de 2 horas y refrigeración rápida. El segundo tratamiento posterior fue un ciclo de PIC similar, pero con una temperatura de PIC superior a la temperatura β-transus y con una refrigeración natural lenta. El tercer tratamiento posterior fue un ciclo de PIC con una temperatura muy superior a la temperatura β-transus, un tiempo de espera relativamente corto y un enfriamiento rápido. En la Tabla 2 y en la Figura 5 se

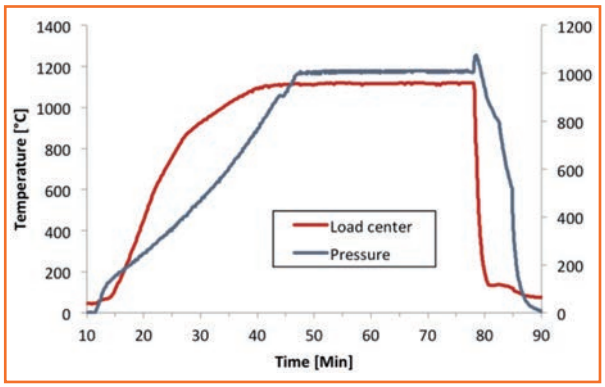


Figura 5. Datos registrados del ciclo de PIC PT3.

Ciclo	Perfil térmico	Presión	Tipo de refrigeración
PT1	25 °C > 920 °C a 120 min > 25 °C	100 MPa	Enfriamiento rápido
PT2	25 °C > 1.120 °C a 120 min > 25 °C	100 MPa	Refrigeración natural
PT3	25 °C > 1.120 °C a 30 min > 25 °C	100 MPa	Enfriamiento rápido

Tabla 2. Vista general de los ciclos de tratamiento posterior.
* PT1 y PT3 se realizaron en la QIH9 URQ (Uniform Rapid Quenching) en las instalaciones de Quintus Technologies de Västerås, Suecia, mientras que PT2 se realizó en una QIH9 URC, en las instalaciones de Quintus Technologies de Columbus, Ohio, EE. UU.

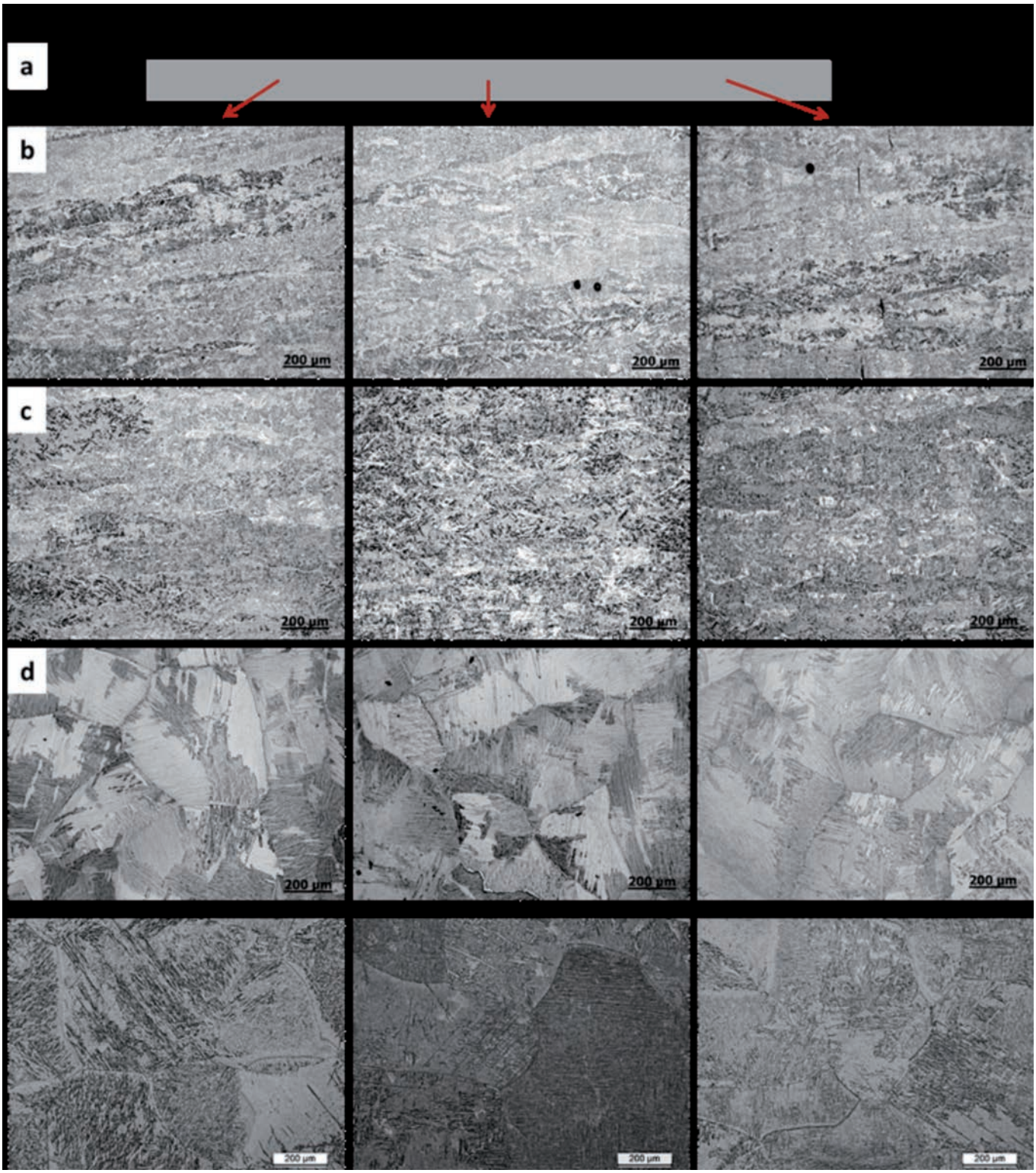


Figura 6. (a) Dirección de formación y posición de micrográfico, (b) muestras fabricadas, (c) ciclo PIC PT1 estándar con refrigeración rápida, (d) ciclo PIC PT2 por encima de temperatura β-transus con refrigeración lenta (e) ciclo PIC PT3 por encima de temperatura β-transus con enfriamiento rápido.

presentan los perfiles térmicos y de presión de los tratamientos posteriores.

El material utilizado en este estudio fue la aleación Ti-6Al-4V, fabricada con el sistema de fundición por haz de electrones Arcam Q10 en el centro ORNL Manufacturing Demonstration Facility. Se utilizaron los parámetros de impresión estándar del EBM Ti-6Al-4V con las capas de polvo depositadas a 50 um. Las muestras utilizadas en el estudio fueron cilindros y barras prismáticas.

Las microestructuras resultantes del estudio se muestran en la Figura 6, en la que b) muestra el material impreso, c) el material tratado con PIC PT1 estándar, d) el material tratado con PIC PT2 por encima de la temperatura β-transus, seguido de una refrigeración lenta, e) el material tratado con PIC PT3 por encima de la temperatura β-transus, seguido de refrigeración rápida. La Figura 6 a) indica la dirección de formación y la posición en la muestra de la que se han tomado los micrográficos. Los puntos negros en la Figura 6 (b) son los poros del proceso de impresión y en (c), (d) y (e) no hay ningún punto negro, ya que el proceso de PIC ha eliminado la porosidad.

El material tratado con PT1 sigue mostrando una estructura de grano en forma de columna similar a la microestructura impresa, que no muestra ninguna mejora para la finalidad del estudio. Por otro lado, el material tratado con PT2 y PT3 muestra una notable diferencia con respecto al material impreso, con una microestructura homogénea y granos totalmente equiaxiales. Sin embargo, la velocidad lenta de refrigeración del tratamiento PT2 (aprox. 85 °C/min) produjo grandes colonias α. Una microestructura de colonia de este tipo tiene un impacto negativo en la resistencia frente a la fatiga.

En el caso de PT3, con la misma temperatura y presión de PIC que PT2 pero con una velocidad de refrigeración mucho más rápida tras el tiempo de espera, muestra la misma estructura granular equiaxial, pero con precipitados α muy finos que se distribuyen más como una microestructura en cesta o "basketweave", en lugar de una gran microestructura de colonia.

La observación de que la microestructura puede cambiar de forma de columna a granos beta equiaxiales mediante prensado isostático en caliente por encima de la temperatura β-transus de la aleación sugiere posibles tensiones internas en las muestras fabricadas lo suficientemente grandes para poder provocar la recristalización y el crecimiento granular de los granos beta. Otro posible mecanismo puede ser que al calentar por encima de la temperatura β-transus, toda la barrera α de grano existente se disuelva, lo que permite la migración libre de los granos β y puede producir un crecimiento granular anómalo. Actualmente, se están realizando estudios para comprender el mecanismo de esta transformación y el ajuste preciso de los parámetros de PIC para lograr la microestructura equiaxial. Se realizarán análisis detallados de EBSD para entender el origen de la microestructura equiaxial de la aplicación de PIC de muestras por encima de la temperatura β-transus en comparación con un ciclo de PIC normal.

Conclusiones y perspectivas

El prensado isostático en caliente es un proceso efectivo para eliminar los defectos en piezas de fabricación aditiva basada en polvo, lo que genera un material 100% denso que mejora las propiedades de resistencia a la fatiga y la ductilidad. Las posibilidades de refrigeración rápida con URC® y URQ® que proporcionan las unidades de PIC de Quintus Technologies brindan nuevas oportunidades de tratamiento térmico bajo presión de material de FA.

Un ejemplo de los nuevos tratamientos posteriores que son posibles con el PIC de URQ® es el ciclo de PIC por encima de la temperatura β-transus a alta presión de la aleación EBM Ti-6Al-4V, seguido de un enfriamiento rápido, lo que ha demostrado descomponer totalmente la estructura granular en forma de columna del material en una estructura granular homogénea y equiaxial. Las unidades de PIC URC® y URQ® pueden generar distintas velocidades de refrigeración que permiten personalizar la microestructura según los requisitos de propiedades. La investigación realizada por Quintus Technologies y el laboratorio Oak Ridge National Laboratory tiene como finalidad ajustar los parámetros de PIC para obtener unas propiedades óptimas y comprender los mecanismos de las transformaciones de fase implicadas.

Referencias

[1] On the mechanical performance of structures manufactured by Selective Laser Melting: Damage initiation and propagation, Stefan Leuders, University of Paderborn, Germany, as presented at AMPM2014, MPIF, USA.

[2] H. Galaragga, D. Lados, R.Dehoff, M. Kirka, Unpublished ongoing research.

[3] Understanding the Role of Hot Isostatic Pressing Parameters on the Microstructural Evolution of Ti-6Al-4V and Inconel 718 Fabricated by Electron Beam Melting, William H. Peter et al.

30 €

206 páginas

40 €

316 páginas

40 €

320 páginas

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

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

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

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

Puede ver el contenido de los libros y el índice en www.pedeca.es o solicite más información:

Teléf.: 917 817 776

E-mail: pedeca@pedeca.es

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

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

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

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

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

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

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

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

Interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

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

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

www.interbil.es

ARROLA®
SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

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

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

S. A. METALOGRAFICA
DESDE 1949
TRATAMIENTOS TÉRMICOS

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

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

ACEMSA
Centro Metalográfico de Materiales

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

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC

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

Safe Cronite
L'esprit industriel

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

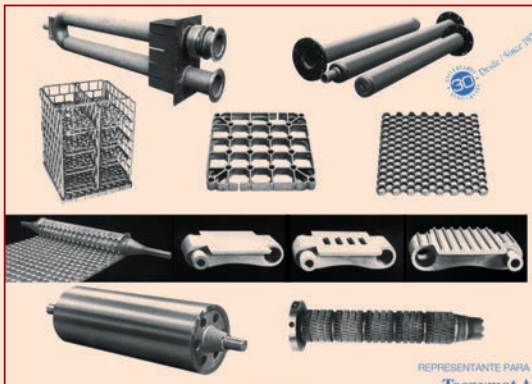
Safe Cronite - Ilárraza, 14 - 01192 ILARRAZA (ALAVA)
Tfno.: 609 419 325 - Fax: +33 243 212 463
E-mail: maricarmen.garcia@safe-cronite.com - www.safe-cronite.com

ERVIN AMASTEEL
El Estándar Mundial de Calidad

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

Los especialistas en granalla de acero y granalla inoxidable

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



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

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS GmbH & Co. KG

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

SOLO Switzerland
Hornos industriales para el tratamiento térmico
www.soloswiss.es

SOLO Swiss SA
email : mail@solo.swiss - tel. : +34 656 878 067

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

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

Borel Standard Furnaces & Ovens Switzerland
Hornos industriales y estufas
www.borel-hornos.com

Borel Swiss SA
email : mail@borel.swiss - tel. : +34 656 878 067

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

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

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

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

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

SPECTRO
Driven to Discover
Espectrómetros para analizar metales
Espectrometría de arco/chispa para analizar la composición química porcentual (%) de materiales metálicos
Tel. 94 471 04 01 – Fax 94 471 17 41 – comercial@spectro.es
SPECTRO Hispania, S.L.
P.A.E. Asuarán, Edificio Enekuri –Nave 9
48950 ERANDIO (Asua) – Vizcaya
www.spectro.com

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 48
APLITEC 47
ARROLA 5
BIEMH . . . . . Contraportada 2
BMI 47
BOREL SWISS 49
DEGUISA 47
ENTESIS 47
ERVIN AMASTEEL 48
FLEXINOX 47
HEA . . . . . Contraportada 4
HORNOS DEL VALLÉS 47
HOT 15
INSERTEC 49
INTERBIL 48
LEYBOLD 49
LIBROS TRATAMIENTO TÉRMICO . . . . ¿?
ONDARLAN 7
PROYCOTECME 47
REVISTAS TÉCNICAS . . . . . Contraportada 3
S.A. METALOGRÁFICA 48
SAFE 9
SOLO SWISS 49
SPECTRO 49
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN 11
TECNYMAT 13
TECRESA 47
WHEELABRATOR 48
WS-INTERBIL . . . . . PORTADA

Próximo número

FEBRERO

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

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

PEDECA *Press* Publicaciones

SOMOS SU MEDIO

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

TRATAMIENTO TÉRMICO DE ALEACIONES DE METALES NOBLES EN ATMÓSFERA CONTROLADA

HEA
SINCE 1945

HORNOS INDUSTRIALES

www.alferieff.com • hea@hornoshea.com

Telféfono: +34 91 639 69 11